

Az orvosi kamilla (*Matricaria recutita* L.) nemesítését megalapozó vizsgálatok

Az orvosi kamilla (*Matricaria recutita* L.) igen nagy gazdasági jelentőséggel bír, számottevő hagyományokkal rendelkező gyógynövényünk, mely tradicionálisan nemzeti terméként jelenik meg az exportpiacon. A hazai kamilla vezető piaci szerepét az 1960 és 1975 között végzett intenzív hazai kamillakutatás alapozta meg, amely a 70-es évek végétől gyakorlatilag befejeződött. Az azóta eltelt időszak alatt a feltáró munka alapjait jelentő kémiai vizsgálati metodika, az újabb hatóanyag-komponensekre és azok biológiai aktivitására vonatkozó háttérismeretek szinte teljesen átalakultak, s így az ezekre vonatkozó hazai ismereteink pótlásra, revízióra szorulnak.

A kamillának jelenleg közel 40 fajtája van a világon, ebből mindössze egy magyar, a tetraploid 'Budakalászi 2', mely az azóta feltárt és kidolgozott kemotípus osztályozásban a gyógyászatilag kedvezőtlenebb A-kemotípus csoportba (bisabolol-oxid A túlsúly) tartozik. A piacokon hungarikumként értékesített, s többnyire a tiszántúli területek C-kemotípusú populációiból (α -bisabolol túlsúly) begyűjtött kamillának nincs hasonló minőségű hazai fajtája, pedig a piaci igények ezt egyre inkább megkövetelik.

A környező európai országokban, Németországban, Ausztriában, Szlovákiában, Lengyelországban az új ismereteken alapuló intenzív kutató munka folyik. Eredményesen tárnak fel újabb kemotípusokat, az eltérő farmakológiai hatásokért felelős hatóanyagcsoportokat, korszerű ismeretekkel segítik elő a faj genetikájának és kemizmusának jobb megismerését.

Kutató munkánk célja volt, hogy a hazai kamilla kutatás tudományos háttérét, s ennek révén nemzetközi pozícionkat újból megerősítsük, korszerű eszközökkel feltárjuk a faj biológiai és kémiai diverzitását, valamint hozzájáruljunk génkészlete megőrzéséhez, illetve új, nagy teljesítményű fajták előállításához. Az alábbi fontosabb eredmények elérését céloztuk meg:

- a jelenlegi gyűjtési körzetek reprezentatív populációinak morfológiai és kémiai feltárása,
- a környezeti tényezők módosító hatásának megismerése,
- a vizsgált tulajdonságok környezeti variabilitásának ill. stabilitásának feltárása,
- a produkciót befolyásoló tulajdonságok alapján kiváló minőségű, nagy teljesítményű populációk kiválasztása,
- a genetikai diverzitás megőrzése érdekében génbanki gyűjtemény létrehozása,
- a hatóanyag-tartalom feltárásához szükséges kémiai módszerek adaptálása illetve továbbfejlesztése, a kutatási gyakorlatban is gazdaságosan és nagy tételben alkalmazható kémiai vizsgálati módszerek kidolgozása.

Eredményeinket a továbbiakban a kitűzött célokhoz igazodva ismertetjük.

A vizsgálatok módszerei

2003-ban és 2004-ben összesen 28 vad kamilla populációt kerestünk fel vizsgálatok céljából. Az általunk mintázott 28 populációt az 1. ábra és 1. táblázat szemléltetik. Munkánk során a főbb kamilla gyűjtési körzetekre összpontosítottunk. A begyűjtött magtétélekből később génbanki gyűjteményt hoztunk létre.

A kísérletben 4 fajtát, a magyar diploid 'Soroksári 40'-est (K/29), amely azóta már visszavonásra került, és 3 szlovák fajtát: a tetraploid 'Lutea'-t (K/30) és 'Goral'-t (K/31) valamint a diploid 'Bona'-t (K/32) alkalmaztuk kontrollként.

A begyűjtést követő vizsgálati években (2005, 2006 és 2007) a különböző termőhelyekről származó szaporítóanyagból és a kontroll fajtákból állományokat létesítettünk azonos környezeti körülményeket biztosítva számukra a Budapesti Corvinus Egyetem Kísérleti Üzem és Tangazdaságának Gyógynövénytermesztési Telepén, Budapest, XXIII. kerületében. A rendelkezésünkre álló kis mennyiségű szaporítóanyag miatt mindegyik vizsgálati évben a biztonságosabb tavaszi üvegházi palántanevelést alkalmaztuk. A magvetést március elején végeztük szaporítóládába a talaj felszínére, majd a palánták megerősödése után a kiültetésre április elején került sor. A növényeket csokrosan ültettük

ki állandó helyükre. A kiültetés 2,2 x 1,2 m²-es parcellákban történt 40 cm-es sor- és 20 cm-es tőtávolságra.

Munkánk során szelekciós eljárással kedvező tulajdonságú vonalakat hoztunk létre fajtaelőállítás céljából, s ezzel párhuzamosan vizsgáltuk a produkciót befolyásoló fontosabb tulajdonságok öröklődési törvényszerűségeit.

Az anyapopulációk kiválasztásánál elsődleges szempont volt a piacképes (α -bisabolol) kemotípus, valamint a magas illóolaj-, kamazulén-, α -bisabolol- és apigenin-tartalom. Másodlagos szempont volt a gépi betakarítást elősegítő erőteljesebb növekedés és a virághozamot is befolyásoló nagyobb virágfejméret.

Az anyatörzsek kijelölésére 2006-ban, az első szabadföldi vizsgálati év után került sor. A korábban már említett szempontok alapján a K/1-es, K/5-ös, K/12-es, K/13-as, K/14-es, K/15-ös, K/17-es és egy D-kemotípusba tartozó, de igen perspektivikusnak tűnő populáció, a K/27-es törzs kerültek kiválasztásra.

2006-ban virágzás kezdetén a kijelölt állományokban fátýolfóliával szigeteltünk 10 db kedvező habitusú egyedet populációként, melyekről elvirágzás után magot fogtunk. 2007 tavaszán az öntermékenyítéssel nyert magokból (55 tétel) állományokat létesítettünk az eredeti anyapopulációkkal párhuzamosan. Az anya- és utódpopulációk azonos évben mért növénymagasságát, virágzatátmérőjét és diszkoszátmérőjét, valamint illóolaj-tartalmát, összetételét és a fontosabb flavonoid komponensek és a klorogénsav mennyiségét hasonlítottuk össze.

Kísérleteink során a kamilla fontosabb **morfológiai bélyegeit** (növénymagasság, virágzatátmérő, diszkoszátmérő, internódiumok hossza, zöld szín intenzitás, levelek szárnyaltsága) a Sztefanov (2005) által ismertetett módszerekkel mértük populációként 20 véletlenszerűen kiválasztott egyeden.

A beltartalmi tulajdonságokat (illóolaj-tartalom és összetétel, fontosabb flavonoid és fenolos komponensek mennyisége) teljes virágzásban szedett és természetes körülmények között megszáritott átlagmintából határoztuk meg populációként három ismételtsben. A hatóanyag-vizsgálati módszereket adaptáltuk és továbbfejlesztettük, végül a következő módszerekkel dolgoztunk:

Az **illóolaj-tartalom** mérése Clevenger típusú készülékben, vízgőzdesztillációval történt, melynek során 10g drogot 500 ml vízzel 1,5 órán keresztül pároltunk. Mivel az illóolaj felragad a hűtő részen, hexánnal kimostuk, majd a hexán elpárolgása után visszamértük az illóolaj tömegét, és ezt vonatkoztattuk a szárazanyag-tartalomra.

Az **illóolaj-összetételt** GC 6890N, detektor MS 5975, Agilent Technologies készülékkel határoztuk meg, ahol a kolonna HP-5MS, 30m hosszú, átmérője 250 μ m, a filmvastagság pedig 0,25 μ m. A vívőgáz hélium volt, melynek áramlási sebessége 0,5 ml/perc konstans áramlási sebesség. Az injektor és detektor hőmérséklete 250°C volt, az ionizáló energia pedig 70 eV. Az alkalmazott hőmérsékleti program: 50°C fél percig, majd 4°C/perc 150°C-ig, innen 12°C/perc 220°C-ig, és ezt a hőmérsékletet tartottuk 10 percig. A komponensek azonosítása tömegspektrum alapján történt NIST könyvtár és tanszéki saját illóolajos könyvtár segítségével, illetve a retenciós idők felhasználásával. A fontosabb **flavonoid komponensek** illetve a fenolos **klorogénsav** minőségi és mennyiségi meghatározására vékonyréteg-kromatográfiás módszert (TLC) alkalmaztunk. A kivonat elkészítésekor 0,3g porított drogot 1ml metanollal 10 percig extraháltunk ultrahang fürdő alkalmazása mellett. Az extraktumot 13.000-es fordulatszámon 10 percen át, 1°C-on szűrtük centrifuga alkalmazásával. A nyert elegyből mintánként 1-1 μ l-t vittünk fel Silica gél 60 F₂₅₄ (Merck) adszorbens rétegre (10x10 cm-es lemez). A referencia oldatok keverékéből szintén 1-1 μ l-t használtunk. Kifejlesztő elegyként az etilacetát–hangyasav–víz (8:1:1 V/V) keveréke szolgált. Az eluens oldószerből 6,5 ml szükséges a kromatográfiához, a felfutási idő körülbelül 20 perc. A vizsgálathoz vízszintes elrendezésű DESAGA-féle futtatókamrát alkalmaztunk. A kimutatás UV-254 nm hullámhossz tartományban történt, ahol a flavonoid komponensek és a klorogénsav szabad szemmel láthatók. A minőségi analízist az alábbi R_f-értékek alapján végeztük: rutin R_f=0,3; hiperozid R_f=0,5; kvercitrin R_f=0,75; apigenin R_f=0,8. A komponensek mennyiségi meghatározása Labchrom TLC-denzitometriás számítógépes program segítségével történt.

Eredmények

I. A hazai kamilla populációk morfológiai és kémiai jellemzői különböző évjáratokban

I.1. A vadontermő (szülői) állományok

A vadontermő állományokban virágzatot, magot gyűjtöttünk és felméréseket végeztünk. Ezek során a dunántúli származású növényeket jóval magasabbnak és nagyobb virágzatúnak találtuk, mint a tiszántúli és Duna-Tisza közéről származó populációkat. Máthé és Priszter (1979) szerint is a tiszántúli szikeseken növő kamilla a legkisebb termetű és legkevésbé elágazó az ország más területein előforduló populációkkal összehasonlítva. Megállapítottuk azt is, hogy az átlagos növénymagasság valamint az adott termőhely talajának pH értéke között fordított arányosság áll fenn. A korrelációs együttható értéke $r = -0,75$ volt. Azokon a termőhelyeken, ahol a talaj kémhatása semleges pH=6-7 értékekkel volt jellemezhető, a növények 30 cm feletti növénymagassággal rendelkeztek, míg a lúgos kémhatású (pH=9-10) szikes talajokon a növények magassága sok esetben még a 20 cm-t sem érte el. Ez a megállapítás összhangban van Balak és munkatársai (1999) eredményeivel, akik megállapították, hogy a talaj sótartalmának növekedtével a kísérleteikben vizsgált növények átlagos magassága csökkent.

Illóolaj-tartalom szempontjából a dunántúli és Borsodivánka környéki populációk bizonyultak a legjobbakként (0,56-0,67 g/100g), míg a gyulladáscsökkentő és görcsoldó hatású apigenin tekintetében a hortobágyi származású populációkat lehetett kiemelni (2,91-3,77mg/g).

I.2. A kitermesztett állományok összehasonlítása (2005)

Az eltérő származású populációk tulajdonságainak tényleges összehasonlítására és változékonyságának feltárására azonban először 2005-ben nyílt lehetőség, amikor azonos környezeti körülmények között kitermesztettük őket. Eredményeinket a következőkben ismertetjük.

Morfológiai tulajdonságok

A növénymagasságot vizsgálva (2. ábra) megállapítottuk, hogy a kontrollként ültetett fajták, a dunántúli származású populációk, a Tiszafüred környékéről származó populációk (K/25 és K/26) valamint a K/19-es, K/20-as és K/21-es törzsek rendelkeztek a legnagyobb növénymagassággal (22,6-34,5cm). A legalacsonyabb növekedésűek pedig a Hortobágyi Nemzeti Park területéről származó növények voltak. Ez az eredmény összhangban van korábbi megállapításunkkal (Gosztola et al., 2005), miszerint a dunántúli származású növények jóval magasabbak eredeti termőhelyükön, mint hortobágyi társaik, és ez a különbség az azonos feltételek között történő termesztés során is megmaradt. A vizsgált populációk többsége homogén volt a növénymagasságot illetően (CV%=10,13-19,76%), e tekintetben jelentős különbséget nem figyeltünk meg közöttük.

2005-ben a legnagyobb átlagos virágzati fejmérettel rendelkező populációk a fajták, a Duna-Tisza közéről származó populációk, valamint a K/1-es, K/10-es, K/11-es, K/12-es, K/13-as és K/25-ös jelzésű törzsek voltak (17,5-22,6mm) (3. ábra). A legtöbb populáció ezen tulajdonságát tekintve igen homogénnek bizonyult (CV%=4,85-9,91%).

2005-ben legnagyobb diszkoszátmérővel szintén a fajták, a Duna-Tisza közeli populációk és a K/1-es, K/5-ös, K/12-es, K/13-as, K/14-es és K/16-os jelzésű populációk rendelkeztek, melyek átlagos diszkoszátmérője 8,5-11,3mm volt (4. ábra). A populációk fele igen homogén, másik fele pedig homogén volt (CV%=10,11-16,92%) e morfológiai tulajdonság tekintetében. Mivel a nyelvesvirágokon kevesebb mirigyszőr található, mint a csövesvirágokon, a nagyobb diszkosz méret magasabb illóolaj-tartalmat eredményezhet (Pekic et al., 1999).

Vizsgáltuk továbbá az egyes populációk növénygyevedeinek internódium hosszát, mellyel a növény elágazódásának mértékére tudunk következtetni. Minél kisebb ez a távolság két elágazódás között, a növény annál sűrűbb felépítésű, ha azonban ez a távolság nagyobb, akkor egy lazább habitusú növényről

beszélhetünk. A populációk között ez az érték csak kisebb mértékben változott (1,32cm és 1,98cm között), különbséget e tekintetben nem tudtunk közöttük tenni.

A levél zöld színének intenzitását és szeldeltségének mértékét 1-3-ig osztályoztuk. Az internódiumok hosszához hasonlóan e két tulajdonság tekintetében sem lehetett egyértelmű különbségeket tenni az egyes populációk között. Populációkon belül talákoztunk ugyan világos, sárgászöld színű és egészen sötét, kékeszöld árnyalatú egyedekkel is, azonban az adott populáció egészére egyik színintenzitás sem volt jellemző. Ugyanez elmondható a levelek szeldeltségének mértékéről: egyedenként előfordult az egyszálas, gyengén szeldelt levelek megjelenése, de ugyanúgy találkozhattunk 2-3-szorosan szeldelt igen sűrű levélzettel is ugyanazon tövön belül. E tulajdonságok tekintetében tehát minden állomány erősen heterogén volt.

Hatóanyag-tartalom

Illóolaj-tartalom tekintetében az egyes populációk igen nagy változékonyságot mutattak (6. ábra). A legmagasabb értékeket a 'Goral' fajtában, a dunántúli és K/13-as anyagokban mértük, melyek esetében a felhalmozódási szint elérte a 0,6%-ot. Rendkívül érdekes, hogy a Nagyiván környékéről származó, lényegében az eredeti termőhelyen azonos populációhoz tartozó K/11, K/12, K/13 és K/14 vagy a K/16, K/17 és K/18-as törzsek illóolaj mennyiségében jelentős eltérések voltak. Ez arra enged következtetni, hogy egy termőhelyen belül is nagy különbségek lehetnek az illóolaj-tartalomban. A vizsgált anyagok közül 7-ben az illóolaj mennyisége nem érte el a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv által előírt minimális 4 ml/kg-ot.

Az illóolaj-összetételt vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a 4 fő komponens (kamazulén, bisabolol-oxid A, bisabolol-oxid B és α -bisabolol) szinte minden populáció mintájában megtalálható, a spektrumban azonban jellemző aránybeli eltérések lehetnek (7. ábra). A populációkat a Schilcher (1987) szerinti kemotaxonómiai rendszer alapján 3 csoportba soroltuk illóolaj-összetételük alapján. Az „A” kemotípusú csoportba a bisabolol-oxid A illóolaj-komponenst legnagyobb mennyiségben felhalmozó populációk kerültek. Ezek a dunántúli származású (K/6, K/7, K/8), a Duna-Tisza közti (K/22, K/23 és K/24) populációk, ill. a 'Soroksári 40'-es fajta voltak. Illóolajjukban a bisabolol-oxid A részaránya 30-41% között változott. A „C” kemotípusú csoportba az α -bisabolol túlsúlyú populációk tartoznak, vagyis a tiszántúli populációk többsége valamint a 'Lutea' és 'Bona' fajták 32-48 %-os α -bisabolol felhalmozási szinttel. A „D” kemotípusú csoportba pedig azon törzseket soroltuk be, amelyek a főbb komponensekből nagyjából azonos mennyiséget tartalmaznak illóolajjukban. Ebbe a csoportba a K/25-ös és K/27-es populációk valamint a 'Goral' fajta kerültek (7. ábra).

Eszerint az illóolaj-összetétel és a származás összefüggést mutat. Míg a dunántúli Somogy megyéből ill. a Duna-Tisza köze északi részéről (Borsodivánka környékéről) származó populációk egyértelműen „A” kemotípusúak, addig a tiszántúliak illóolajában (3 kivétellel) az α -bisabolol komponens van túlsúlyban („C”-kemotípus). A 3 kivétel illóolajában a bisabolol-oxid A és B valamint az α -bisabolol és kamazulén szintje kiegyenlített. Sztefanov és társai (2003) hasonló eredményekre jutottak az általuk vizsgált 12 populációnál.

A fontosabb flavonoid komponensek közül az apigenin tekintetében kiemelkedők voltak a Hortobágyi Nemzeti Park területéről gyűjtött populációk, a Nagyiván és Hortobágy falu körzetéből származó anyagok és a 'Bona' fajta (2,5-3,5 mg/g) (2. táblázat).

A többi flavonoid komponens közül hiperozid tekintetében a K/2-es, K/16-os, K/17-es, K/18-as, K/20-as, K/21-es és K/23-as (3-3,5 mg/g), kvercitrin esetén a 'Goral', 'Bona', K/1-es, K/8-as, K/21-es, K/26-os és K/28-as (0,2-0,4 mg/g), klorogénsavnál pedig a K/17-es, K/18-as, K/21-es, K/22-es és K/27-es populációk (0,2-0,4 mg/g) bizonyultak a legjobbaknak. E komponensek esetében azonban a vizsgált populációk alapján nem tudtunk termőhelyi összefüggést kimutatni.

I.3. A kitermesztett állományok összehasonlítása (2006) és az évjárat hatásai

2006-ban (a kamilla tenyészidőszakát (április, május, június) véve alapul) a június néhány °C-kal melegebb volt, mint 2005-ben (9. ábra), de a napfényes órák száma kicsit kevesebb volt 2006 áprilisában és májusában, mint 2005 azonos időszakában (10. ábra). Ezenkívül 2006-ban 33 %-kal több csapadék hullott, mint 2005-ben, és a csapadék eloszlása is eltért az előző évtől. 2006-ban májusban és júniusban, a kamilla szárba indulásakor és virágzásakor hullott a legtöbb csapadék (8. ábra).

Morfológiai tulajdonságok

Hasonlóan a 2005-ös évhez, 2006-ban is a nemesített fajtákban, a dunántúli és Duna-Tisza közéről származó populációkban valamint a Nagyiván környékéről származó populációk (K/12 és K/13) esetén mértünk magasabb növénymagasság értékeket (39,6-67,8cm) (2. ábra). A populációk homogenitását tekintve az előző évhez képest nem történt jelentősebb változás, a vizsgált törzsek homogénnek tekinthetők ($CV\%=10,59-19,05\%$). Míg 2005-ben az összes populációt tekintve az átlagmagasság 22,2cm volt, addig 2006-ban ennek közel kétszerese: 41,3cm. A kéttényezős variancia-analízissel kapott p-érték=0,00 alapján ez a különbség szignifikáns. 2006-ban tehát kivétel nélkül minden populáció magasabbra nőtt, mint 2005-ben, feltehetően a jóval csapadékosabb időjárás miatt. Azt is megfigyeltük, hogy 2006-ban az egyes populációk közti különbségek markánsabbá váltak 2005-höz képest, de a növénymagasság alapján felállított sorrend az egyes populációk tekintetében nem változott.

Felméréseink alapján 2006-ban a legnagyobb átlagos virágzati fejmérővel rendelkező populációk a Duna-Tisza közti populációk valamint a K/11-es és K/25-ös törzsek voltak (23-29,5mm) 2005-höz hasonlóan (3. ábra). A fajták 2006-ban egységesebbnek bizonyultak virágzatátmérőjüket tekintve, mint 2005-ben ($CV\%=5,84-8,07\%$), de több más populáció esetében romlott a homogenitás mértéke, bár a CV% értékek még így is minden esetben 20% alatt maradtak. Míg 2005-ben az összes populációt tekintve az átlagos virágzati átmérő 17,6mm volt, addig 2006-ban mintegy 30%-kal nagyobb, 23,2mm. A kéttényezős variancia-analízis szerint a különbség szignifikáns (p-érték=0,00). Megállapítható tehát, hogy a virágzatátmérőt is igen erőteljesen befolyásolta az évjárat. Minden populációban nagyobb virágzati átmérőt mértünk 2006-ban, mint 2005-ben köszönhetően a csapadékosabb időjárásnak, de a növekedés mértéke populációnként eltérő volt.

Diszkoszátmérő tekintetében a fajták valamint a K/5-ös, K/15-ös, K/17-es, K/22-es, K/26-os, K/27-es és K/28-as populációk bizonyultak a legjobbaknak (12,5-22,3mm) (4. ábra). 2006-ban nőtt a populációk homogenitása e morfológiai tulajdonság tekintetében. 2005-ben az átlagos diszkoszátmérő 8,34mm volt, míg 2006-ban 8,38mm. Ez a változás nem szignifikáns (p-érték=0,143), így ez esetben az évjáratnak nem volt jelentősebb hatása.

Ha a virágzatátmérőt és diszkoszátmérőt együtt vizsgáljuk, látható, hogy a 2006-os év csapadékosabb időjárása nagyon kedvezett a nyelves virágok növekedésének. Ezek részaránya virágzaton belül minden populáció esetén átlagosan 60%-kal nőtt. A változás mértéke ellenben populációnként eltérő volt (5. ábra). A diszkoszátmérőt tehát nem befolyásolta jelentősen az évjárat, de a nyelves virágok méretét és ezáltal a virágzat méretét igen. A nyelves virágok hatóanyag-hozam szempontjából is fontosak. Peneva és munkatársai (1989) illetve Repčák és Oravec (1993) megállapították, hogy az apigenin-glükozidok mennyiségével mutatnak összefüggést.

Az internódiumok hosszát, a levelek zöld színének intenzitását és szeldeltségének mértékét tekintve 2006-ban sem tudtunk jellemző különbséget meghatározni az egyes populációk között.

Hatóanyag-tartalom

2006-ban legtöbb illóolajat 2005-höz hasonlóan ugyancsak a fajták és a dunántúli populációk tartalmaztak (0,624-0,879g/100g). Magas illóolaj-tartalom jellemezte még a Duna-Tisza közéről származó populációkat és a K/1-es, K/2-es, K/10-es és K/13-as törzseket is, melyek átlagos illóolaj mennyisége 0,5g/100g volt. A vizsgált törzsek közül csak a K/4-es jelzésű törzs illóolaj-tartalma nem érte el a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv által előírt minimális 4ml/kg értéket (6. ábra). 2006-ban a populációk

felében magasabb illóolaj-tartalmat mértünk, mint 2005-ben, de a másik felében alacsonyabbat. Mindössze egy populációban (K/7) tapasztaltunk azonos mennyiséget a két vizsgálati évben. A populációk összességét tekintve míg 2005-ben az átlagos illóolaj-tartalom 0,523g/100g volt, addig 2006-ban 0,552g/100g. A különbség a kéttényezős variancia-analízis alapján (p -érték=0,000) szignifikáns. Az illóolaj-tartalom növekedés illetve csökkenés mértéke azonban jelentős különbségeket mutatott populációként. Érdekes, hogy éppen a nemesített fajtákban volt tapasztalható a nagyobb ingadozás.

A 2006-os évjárat nem befolyásolta az egyes populációk kemotípusát (7. ábra), ami összhangban van a korábbi irodalmak (Franz et al., 1975; Franz et al., 1986; Lutomski és Czabajska, 1993; Salamon és Honcariv, 1994; Galambosi et al., 1991; Sztefanov et al., 2003; Gosztola et al., 2005) eredményeivel, miszerint az illóolaj-összetétel genetikailag erősen rögzített tulajdonság.

2006-ban a kamazulén-tartalom a populációk 69%-ában csökkent az előző évhez képest (7. ábra). A legnagyobb arányú csökkenés (több mint 5%) a K/19-es és K/26-os törzseknél jelentkezett. A változás átlagos mértéke azonban csak 1,3%-os volt, ami a kéttényezős variancia-analízis szerint ($p=0,929$) nem szignifikáns. Ezzel ellentétben az α -bisabolol mennyiségét szignifikánsan befolyásolta ($p=0,006$), aránya 2006-ban átlagosan 44%-kal nőtt az előző évhez képest.

A bisabolol-oxid A tartalom a populációk 34%-ában csökkent 2006-ban az előző évvel összehasonlítva. A változás átlagos mértéke 57%-os volt, mely azonban nem szignifikáns ($p=0,169$). A K/19-es és 'Lutea' fajta illóolájában nem tudtuk kimutatni a komponens 2006-ban annak ellenére, hogy 2005-ben jelen volt. A K/4-es, K/9-es, K/10-es, K/21-es és K/26-os törzsek illóolájában pedig megjelent, pedig 2005-ben nem volt kimutatható (7. ábra). Ez alapján arra lehet következtetni, hogy a bisabolol-oxid A jelenléte környezetfüggő.

A bisabolol-oxid B tartalom a populációk 41%-ában kismértékű csökkenést mutatott 2006-ban. A változás átlagos mértéke 17%-os volt, ami a kéttényezős varianciaanalízis szerint ($p=0,199$) nem tekinthető szignifikáns különbségnek, tehát az évjárat nem befolyásolta jelentősen a bisabolol-oxid B mennyiségét.

2006-ban a legmagasabb apigenin-tartalmú populációk a K/3-as, K/4-es, K/5-ös, dunántúli és Nagyvíván környéki törzsek valamint a 'Goral' és 'Bona' fajták voltak (2,32-3,2mg/g). Az előző évhez képest az apigenin-tartalom a vizsgált populációk felénél nőtt, míg a másik felénél csökkent. A vizsgált 2 év között ez alapján nem lehetett egyértelmű összefüggést kimutatni (2. táblázat).

2006-ban legtöbb rutint a K/1-es, K/16-os, K/20-as, K/21-es és K/22-es populációk tartalmaztak (0,1-0,3mg/g). Számos populációban pedig nem tudtunk rutin-tartalmat kimutatni (2. táblázat). A rutin mennyisége az összes vizsgált populáció vonatkozásában átlagosan 11%-kal csökkent 2005-höz képest, de ez nem bizonyult szignifikánsnak ($p=0,059$), tehát az évjáratnak nem volt erős hatása.

A vizsgálat évében legmagasabb hiperozid-tartalommal a K/6-os, K/8-as, K/22-es, K/23-as és K/32-es populációk rendelkeztek (2,8-4,2mg/g). Néhány populációban viszont nem tudtunk hiperozid-tartalmat mérni (2. táblázat). A hiperozid mennyisége 2006-ban átlagosan 37%-kal csökkent 2005-höz képest, mely a $p=0,00$ érték alapján szignifikáns differenciának tekinthető.

2006-ban a legmagasabb kvercitrin-tartalom a K/6-os, K/11-es, K/16-os, K/17-es, K/26-os és K/27-es populációkat jellemezte (0,7-0,9mg/g). Egyedül a K/25-ös populációban nem tudtunk kvercitrint kimutatni (2. táblázat). A komponens mennyisége átlagosan 240%-kal szignifikánsan nőtt 2005-höz képest, vagyis az évjáratnak jelentős hatása volt a kvercitrin komponens felhalmozási szintjére.

A legmagasabb klorogénsav-tartalmú populációk a K/16-os, K/29-es, K/30-as és K/31-es törzsek voltak a vizsgálat évében (0,5-0,8mg/g). Néhány populációnál pedig nem lehetett klorogénsavat kimutatni (2. táblázat). A komponens átlagos mennyisége 5%-kal növekedett 2005-höz képest, ami nem szignifikáns különbség a kéttényezős variancia-analízis szerint ($p=0,781$).

I.4. A kitermesztett állományok összehasonlítása (2007) és az évjárat hatásai

2007-ben a kamilla kiültetésétől az állomány felszámolásáig tartó 3 hónap során (április, május, június) az átlagos hőmérséklet 18,5°C volt, míg 2005-ben ugyanebben az időszakban 16,3°C, 2006-ban pedig 16,6°C (9. ábra). A napfényes órák számában is jelentős különbségek adódtak (10. ábra). A 2007-es melegebb és napfényesebb időjárás azonban csapadéokban jóval szegényebbnek bizonyult a megelőző évekhez képest. Mindössze 90 mm csapadék hullott a 3 hónap során, ami 60%-kal ill. 70%-kal kevesebb, mint amennyi 2005-ben ill. 2006-ban esett. Ezért a kiültetett növények életben maradásához szükséges hiányzó vízmennyiséget kénytelenek voltunk öntözéssel biztosítani, ami kb. 50 mm plusz vízmennyiség kijuttatását jelentette havonta (8. ábra).

Morfológiai tulajdonságok

2007-ben az összes populáció átlagos növénymagassága 32,5cm volt, ami 46%-kal meghaladta a 2005-ös évi átlagos növénymagasságot, de 21%-kal alacsonyabbnak bizonyult, mint a 2006-os érték. A különbség minden esetben szignifikáns volt ($p=0,000$). Az évjárat tehát most is erőteljesen befolyásolta a növénymagasságot. 2007-ben is a dunántúli populációk és a fajták nőttek a legmagasabbra (44,2-60,2cm), a legalacsonyabbak pedig a K/4-es és K/19-es populációk lettek (átl. 15cm) (2. ábra). Ez megfelel az előző években tapasztaltaknak. 2007-ben az egyes populációk közti különbségek csökkentek a 2006-os évi eredményekhez képest, és az egyes populációk homogenitása is javult.

A virágzat átmérőjét vizsgálva megállapítottuk, hogy 2007-ben mindössze 14,9mm volt a populációk átlagos virágzatátmérője, ami 15%-kal és 36%-kal kisebb, mint a 2005-ös ill. 2006-os átlagos érték. A különbségek minden esetben szignifikánsak voltak ($p=0,000$). A három vizsgálati év közül tehát 2007-ben rendelkeztek a növények a legkisebb virágzatokkal. A legnagyobb virágzatúak azonban ekkor is a fajták, a dunántúli populációk és a K/11-es, K/12-es, K/13-as, K/14-es és K/22-es anyagok lettek (3. ábra). A homogenitás mértéke javult 2007-ben, a populációk 63%-a igen homogénnek bizonyult e morfológiai tulajdonság tekintetében.

A populációk átlagos diszkoszátérője 6,0mm volt 2007-ben, ami 28%-kal kisebb, mint a 2005-ben ill. 2006-ban mért értékek. Így míg 2005 és 2006 között nem volt szignifikáns különbség e tulajdonságot illetően, addig a 2007-es év mindkét vizsgálati évtől statisztikailag igazolhatóan is eltért. A három vizsgálati év közül 2007-ben volt a legkisebb az egyes populációk diszkoszának mérete. Legnagyobb diszkoszátérővel a fajták, a K/8-as, K/10-es és K/14-es, míg legkisebb értékekkel a K/4-es, K/12-es, K/21-es, K/25-ös és K/28-as törzsek rendelkeztek (4. ábra). Homogenitás tekintetében nem volt jelentős különbség az elmúlt évekhez képest, a populációk nagy része igen homogénnek bizonyult.

A csapadéokban szegényebb, meleg és napos 2007-es évjárat azonban nemcsak a virágzatok méretére és a diszkoszátérőre volt negatív hatással, de a nyelves virágok méretét is jelentősen csökkentette (5. ábra). Míg 2005-ben a nyelves virágzatrész nagysága átlagosan 9,3mm volt, 2006-ban pedig 14,8mm, addig 2007-ben csupán 8,8mm. A diszkoszátérő és a nyelves virágzatrész méretének együttes csökkenése eredményezte tehát a virágzatátérő csökkenését.

Hatóanyag-tartalom

2007-ben az átlagos illóolaj-tartalom 0,509 g/100g volt, ami 2,7%-kal ill. 7,8%-kal alacsonyabb, mint amennyit 2005-ben ill. 2006-ban mértünk a vizsgált populációknál. Megállapítottuk azonban, hogy az évjáratok nem hatottak egyformán az egyes populációkra. Míg a populációk 41%-ában 2005-ben, addig 44%-ukban 2006-ban, 15%-ukban pedig 2007-ben mértük a legmagasabb illóolaj felhalmozási szintet. 2007-ben az előző évekhez hasonlóan a fajták valamint a dunántúli származású populációk és a K/9-es, K/17-es és K/20-as törzsek tartalmazták a legtöbb illóolajat. Nyolc populáció illóolaj-tartalma pedig nem érte el a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben előírt 4ml/kg-os mennyiséget (6. ábra).

Az illóolaj-összetételt vizsgálva megállapítottuk, hogy a 2007-es évjárat (a 2006-os évjáráthoz hasonlóan) nem módosította az egyes populációk kemotípusát, vagyis az illóolaj fő komponense egy populáció esetében sem változott (7. ábra).

A 2007-es évjárat nem kedvezett a gyulladáscsökkentő hatású kamazulén komponens felhalmozódásának. 2005-höz képest 10%-os, míg 2006-hoz képest 11%-os csökkenést tapasztaltunk, de a különbségek egyik esetben sem bizonyultak szignifikánsnak ($p=0,358$ és $p=0,477$). Legtöbb kamazulént 2007-ben is a fajták tartalmaztak (18,3-24,7%), míg a többi populáció átlagos kamazulén tartalma 8,4% volt (7. ábra).

A szintén gyulladáscsökkentő hatású α -bisabolol illóolaj komponensnél a 2007-es évjárat átlagosan 10%-os mennyiségbeli növekedést eredményezett 2005-höz, de 24%-os csökkenést 2006-hoz képest. Az eltérések azonban a kéttényezős variancia-analízis alapján nem szignifikánsak ($p=0,468$ és $p=0,051$). A legtöbb populációban (81%) 2006-ban mértük a legmagasabb α -bisabolol értékeket a vizsgálat három évében. 2007-ben a K/11-es, K/15-ös, K/16-os, K/17-es, K/19-es és K/21-es populációk illóolaja tartalmazta a legtöbb α -bisabololt (52,5-58,2%) (7. ábra).

A bisabolol-oxid A illóolaj komponens mennyisége 2007-ben átlagosan 35%-kal nőtt a 2005-ben és 14%-kal csökkent a 2006-ban mért értékekhez képest. Ezek a különbségek azonban statisztikailag nem szignifikánsak ($p=0,333$ és $p=0,630$). 2007-ben a K/6-os, K/8-as és K/24-es populációk halmozták fel a legtöbb bisabolol-oxid A-t (43,3-46,5%). A különböző évjáratok befolyásolták a komponens jelenlétét is. Míg 2005-ben 4 populációnál, 2006-ban pedig 2 populációnál nem tudtuk kimutatni a bisabolol-oxid A komponenst, addig 2007-ben mindegyik törzs illóolaja tartalmazta azt (7. ábra).

A bisabolol-oxid B komponens felhalmozódását igen kedvezően befolyásolta a 2007-es évjárat. 2005-höz képest 19%-os, 2006-hoz képest pedig 1,2%-os átlagos mennyiségbeli növekedést tapasztaltunk. S bár a különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak ($p=0,112$ és $p=0,920$), 2007-ben mértük a populációk 52%-ánál a legmagasabb bisabolol-oxid B tartalmat a vizsgálat 3 éve során. Különösen a K/20-as, K/25-ös, K/26-os és K/27-es törzsek emelhetők ki (16,1-22,2%-os bisabolol-oxid B tartalom) (7. ábra).

A görcsoldó és gyulladáscsökkentő hatású apigenin flavonoid mennyisége mind 2005-höz, mind 2006-hoz képest 73%-os növekedést mutatott 2007-ben, és ez a különbség szignifikáns ($p=0,000$). A melegebb és naposabb de csapadékból szegényebb időjárás tehát kedvezett az apigenin felhalmozódásának. Legtöbb apigenint 2007-ben a fajták, a Nádudvari populációk és a K/11-es és K/12-es törzsek tartalmaztak (5,0-7,4 mg/g), legkevesebbet pedig a dunántúli származásúak valamint a K/5-ös és K/27-es anyagok (2,2-2,8 mg/g) (2. táblázat). A vizsgált populációk között nem lehet egyértelmű sorrendet felállítani e tekintetben a 3 vizsgálati év eredményei alapján, ami arra enged következtetni, hogy az apigenin-tartalom erősen környezetfüggő tulajdonság, akár a betakarítás napjának időjárása is befolyásolhatja a felhalmozódás szintjét.

Az érfal rugalmasságát fokozó rutin flavonoid mennyisége 2007-ben 77%-kal szignifikánsan ($p=0,035$) volt alacsonyabb, mint 2005-ben és 33%-kal volt alacsonyabb, mint 2006-ban (ez utóbbi statisztikailag nem igazolható különbség, $p=0,735$). Míg 2005-ben mindössze 1 populációban nem tudunk rutint kimutatni, addig 2006-ban és 2007-ben 15 ill. 14 populációban hiányzott (2. táblázat). Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy a rutin jelenlétét a virágzatban a környezeti tényezők jelentősen befolyásolják. A legtöbb rutint 2007-ben a K/16-os populációban mértük (0,25 mg/g).

A 2007-es évjárat negatívan befolyásolta a hiperoxid flavonoid felhalmozódásának szintjét is. A 2005-ös évhez képest 51%-kal, 2006-hoz képest pedig 22%-kal csökkent átlagos mennyisége a vizsgált populációkban. A különbségek mindkét esetben szignifikánsak ($p=0,000$ és $p=0,012$). Míg 2005-ben mindegyik vizsgált populáció mintájában találtunk hiperoxidot, addig 2006-ban és 2007-ben néhány törzs esetében nem (2. táblázat). A hiperoxid jelenlétét tehát a környezeti tényezők jelentősen befolyásolták. Legtöbb hiperoxidot 2007-ben a K/25-ös és dunántúli populációk tartalmaztak (2,01-2,52 mg/g).

A kvercitrin átlagos mennyisége 290%-kal ($p=0,000$) ill. 17%-kal ($p=0,026$) szignifikánsan csökkent 2007-ben 2005-höz és 2006-hoz képest. 2007-ben a legtöbb kvercitrint a K/6-os, K/16-os, K/17-es, K/28-as és K/29-es populációk tartalmazták (0,52-0,71 mg/g) (2. táblázat). A kvercitrin mindegyik vizsgált kamilla populáció flavonoid spektrumában megtalálható, de felhalmozódásának szintjét a környezeti tényezők jelentős mértékben befolyásolják.

A 2007-es évjárat nem kedvezett a klorogénsav felhalmozódásának. 2005-höz képest 19%-kal, 2006-hoz képest pedig 17%-kal csökkent átlagos mennyisége a vizsgált populációkban, bár a különbségek

egyik esetben sem bizonyultak szignifikánsnak ($p=0,157$ és $p=0,207$). 2007-ben a K/16-os, K/21-es, K/31-es és K/32-es populációk tartalmazták a legtöbb klorogénsavat (0,31-0,53 mg/g) (2. táblázat). A hároméves vizsgálat során a K/16-os és K/21-es populációk valamint a 'Goral' fajta rendelkeztek átlagosan a legmagasabb klorogénsav tartalommal. Megállapítottuk, hogy a genetikai és környezeti tényezők egyaránt befolyásolják a klorogénsav mennyiségét.

II. A vizsgált tulajdonságok stabilitása

A DUS vizsgálatoknál értékelt és általunk is vizsgált morfológiai tulajdonságok közül a növénymagasságot, virágzatátmérőt és diszkoszátmérőt találtuk igen változékonynak, melyeket a környezeti tényezők jelentős mértékben képesek befolyásolni. Abszolút értékükkel tehát nem lehet pontosan jellemezni egy-egy populációt. E tekintetben a fajták és a vad származású törzsek között nem volt különbség. A hároméves szabadföldi kísérletsorozat folyamán az egyes populációk minimális és maximális növénymagassága közötti különbség átlagosan 88%-os volt. A K/27-es populáció volt a legkevésbé változékonny e tekintetben, ahol a 2005-ben mért legkisebb és a 2007-ben mért legnagyobb növénymagasság értékek között mindössze 33%-os különbség volt. A legnagyobb eltérést pedig a K/6-os törzsnél tapasztaltuk, ahol a 2005-ös legkisebb és 2006-os legnagyobb értékek között 159%-os differenciát mértünk.

Virágzatátmérőnél az átlagos változás mértéke 56%-os volt a vizsgált populációk körében, ahol a legkisebb különbséget (30%-os) a K/14-es törzs 2005-ös (legkisebb virágzatátmérő) és 2006-os évi (legnagyobb virágzatátmérő) eredményei között tapasztaltuk. A legnagyobb változást pedig e tulajdonság esetén is a K/6-os populációnál mértük, melynek virágzatátmérője 85%-os növekedést produkált 2006-ban a 2007-es évhez képest. Diszkoszátmérőnél az átlagos változás 43%-os volt, ahol a K/8-as és K/10-es törzseknél mértük a legkisebb, 31%-os különbséget, míg a legnagyobb méretbeli változást épp egy fajtánál, a 'Lutea'-nál tapasztaltuk, melynek diszkosza több mint másfélszeresére nőtt 2006-ban 2007-hez képest.

Az említett morfológiai tulajdonságok tehát jelentős környezeti varianciát mutatnak, mindazonáltal alkalmasak a populációk összehasonlítására, mert a populációk közötti eltérések az egymást követő években azonos mértékben jelentkeztek.

Fenológiai megfigyeléseink alapján megállapítottuk, hogy a vadontermő állományok virágzása mintegy 3 héttel megelőzi a tavaszi palántaneveléssel szaporított, termesztésben lévő állományok virágzását. A termesztett populációknál az alacsonyabb és magasabb növésű törzsek között különbség volt a virágzás kezdetét és a teljes virágzás időpontját illetően. A nagyobb növénymagassággal rendelkező dunántúli populációk és a fajták virágzása 2 héttel később kezdődött, mint a többi populációé, és a teljes virágzás időpontja is későbbre tolódott. Ezeknek a törzseknek a virágzása kb. 20 nappal tovább tartott, mint a többieké. Megállapítható tehát, hogy a virágzás időpontja és a növénymagasság között szoros kapcsolat áll fenn. Fenológiai szempontból az egyes évjáratok között nem volt különbség.

Az általunk vizsgált populációk illóolajának átlagos változása 46%-os volt a hároméves kísérlet során. A fajták esetén is jelentős, 33%-os változást tapasztaltunk. A K/16-os törzs esetén mértük a legkisebb, mindössze 4%-os illóolaj-mennyiségbeli változást a 2007-es legkisebb és 2006-os legnagyobb értékek között. A legnagyobb változást pedig a K/19-es populációnál tapasztaltuk, ahol a 2007-es és 2006-os években mért illóolaj-tartalom között 293%-os különbség volt. Az illóolaj-tartalom mint tulajdonság tehát igen változékonny, alakulását nagymértékben befolyásolják a környezeti tényezők.

A populációk illóolajának összetétele, kemotípusa azonban stabil tulajdonság. A nemzetközileg is elfogadott és elterjedten alkalmazott Schilcher (1987) féle kemotaxonómiai rendszer 3 kemotípus csoportjába (A, C és D) tartozó törzsek besorolását az eltérő környezeti tényezők nem befolyásolták. A kamazulén szélsőértékei közötti eltérés az összes populációt tekintve a szabadföldi kísérlet hároméves időtartama alatt átlagosan 4%-os volt, az α -bisabolol 15%-os, a bisabolol-oxid A-é 8%-os, míg a

bisabolol-oxid B-é 4%-os. A DUS vizsgálatok során értékelt kamazulén és α -bisabolol mennyiségei tehát egy-egy populációt vagy fajtát jól jellemző adatok, kicsi környezeti varianciával.

A flavonoid komponensek és a klorogénsav-tartalom jellemző, de változékonyságoknak tekinthetők, mert mennyiségüket a környezeti tényezők jelentős mértékben képesek befolyásolni. A vizsgált populációk és fajták apigenin-tartalma a hároméves periódus alatt átlagosan 94%-kal változott (a minimum és maximum értékek közti különbség), a rutin-tartalmuk 450%-kal, hiperozid-tartalmuk 80%-kal, kvercitrin-tartalmuk 280%-kal, a klorogénsav mennyisége pedig 156%-kal. Egy-egy populációt tehát nem jellemezhetünk ezek mennyiségi értékeivel.

III. Nemesítési alapanyagok kiválasztása, génbanki gyűjtemény létrehozása

III.1. Értékmérő tulajdonságok alakulása a szelektált I₁ nemzedékekben

Morfológiai tulajdonságok öröklődési sajátosságai

Az utódpopulációk 46%-a magasabbra, 54%-a pedig alacsonyabbra nőtt, mint anyaaállománya. Az utódok 69%-ánál ez az eltérés szignifikánsnak is bizonyult. A legnagyobb változékonyságot az azonos származású utódpopulációkon belül a K/1-es, K/17-es és K/27-es családokban tapasztaltuk (12,5cm-17,8cm) (11. ábra). Gyakorlati szempontból kiemelhetők a K/12-es, K/15-ös és K/17-es populációk, mert ezeknél az utódok többsége jobbnak bizonyult anyai populációjánál. Mind az anyatörzsek, mind az utódpopulációk esetén a 26-30 cm-es növénymagasság fordult elő a legnagyobb gyakorisággal. Azonban míg az anyaaállományokban egy egyed sem érte el a 45cm-es magasságot, addig az utódoknál a vizsgált egyedek 1%-a meghaladta ezt az értéket. Növénymagasság szempontjából az anyatörzsek 75%-a, az utódpopulációknak pedig 69%-a homogénnek bizonyult (CV%=10-20%), így e tekintetben nem volt közöttük jelentős különbség (3. táblázat).

A virágzatátmérőt tekintve az utódpopulációk 24%-ánál nőtt, míg 76%-ánál csökkent a virágfej mérete anyatörzsének virágzatméretéhez képest. Az eltérés az utódvonalak 67%-ánál szignifikáns volt. Legnagyobb különbségeket e tulajdonság tekintetében a K/13-as és K/17-es populációknál mértünk (12. ábra). Mivel a droghozam és piaci érték szempontjából a nagy virágzatméret kedvező, jónak ítéltük a K/1-es, K/5-ös és K/15-ös családokat. Az anyatörzseknél legnagyobb gyakorisággal a 14-15mm-es virágzatátmérő fordult elő, míg az utódpopulációk egyedeinek nagy része (36%) 12-13mm-es virágzatátmérővel rendelkezett. Homogenitás szempontjából az anyaaállományok többsége (63%) homogénnek (CV%=10-20%), míg az utódok 62%-a igen homogénnek (CV%=0-10%) bizonyult e vizsgált tulajdonság tekintetében (3. táblázat). A homogenitás mértéke tehát ez esetben is javult.

A növénymagasság és virágzatátmérő csak az utódpopulációk 53%-ában változott együttesen (r -érték=0,35). 44%-uknál együttesen csökkentek, 9%-uknál pedig együttesen nőttek.

Munkánk során a virágzat szerkezetének változását is vizsgáltuk. A diszkoszátmérő az utódpopulációk 58%-ában szignifikánsan is különbözött az anyatörzsétől, ami az esetek 69%-ában csökkenést jelentett (13. ábra). Mind az anyaaállományoknál, mind az utódvonalaknál a 6mm-es diszkoszátmérő fordult elő a legnagyobb gyakorisággal. Az anyaaállományok 75%-a homogén volt, míg az utódpopulációk 62%-a igen homogénnek bizonyult a diszkosz átmérőjét illetően (3. táblázat), vagyis az utódok homogenitása javult.

A nyelves virágok mérete az utódpopulációk 26%-ánál nőtt, 74%-ánál pedig csökkent, az utódok 52%-ánál szignifikánsan. Az anyatörzseknél és utódpopulációiknál is a 7-8mm-es nyelves virágzatrész fordult elő a legnagyobb gyakorisággal, majd a 9-10mm-es méret. A nyelves virágok méretének alakulását tekintve az anyaaállományok fele homogén, míg másik fele heterogén volt (CV%=20%<), az utódpopulációk többsége azonban homogénnek mutatkozott (69%) (3. táblázat). Az anyaaállományok egy-egy szigetelt egyedéből előállított utódok tehát homogénnek lettek anyapopulációiknál ez esetben is.

Az utódpopulációknál a virágzat növekedése 55%-ban a diszkosz és a nyelves virágok együttes növekedésének volt köszönhető, 36%-ban a nyelves virágok diszkoszátmérő csökkenést meghaladó

mértékű növekedésének, 9%-ban pedig a nyelvény virágok méretbeli csökkenését meghaladó diszkoszátmérő növekedésnek (13. ábra). A virágzat csökkenését 68%-ban a diszkosz és a nyelvény virágok együttes csökkenése eredményezte, 23%-ban a diszkosz növekedését nagyobb mértékben meghaladó nyelvény virágok méretbeli csökkenése, 9%-ban pedig a nyelvény virágok növekedésének mértékét meghaladó diszkoszátmérő csökkenés okozta. A diszkosz és a nyelvény virágok mérete az utódok többségénél (66%) tehát együtt változott ($r=0,65$).

Beltartalmi tulajdonságok öröklődési sajátosságai

Az utódpopulációk 49%-ánál nőtt az illóolaj-tartalom az anyatörzsekhez képest (14. ábra). Legnagyobb különbségeket a K/15-ös, K/17-es és K/27-es családokban tapasztaltunk. Gyakorlati szempontból kiemelhetők a K/12-es, K/14-es, K/15-ös és K/27-es anyagok, mert ezeknél az utódok többsége jobbnak bizonyult anyatörzsénél.

Az utódpopulációk egyharmadában megváltozott az illóolaj-összetétel vagyis kemotípus az anya állományokhoz képest (15. ábra). A C-kemotípus csoportba tartozó anyaállományok utódainak 19%-a mutatott megváltozott illóolaj-összetételt. Egy populáció B-kemotípusú lett (a bisabolol-oxid B komponens (41,4%) került túlsúlyba illóolajában), három populáció D-kemotípusúvá vált, egy populációt pedig a jelenlegi Schilcher-féle kemotaxonómiai rendszer egy kategóriájába sem tudtunk besorolni. Ezen populáció illóolajában a kamazulén mennyisége 9,3%-ról 47,6%-ra nőtt, míg az α -bisabolol mennyisége 54,4%-ról lecsökkent 7,1%-ra. A D-kemotípusba tartozó anyatörzs utódpopulációinak 70%-ában az anyától eltérő illóolaj komponens arányok jelentek meg. Közülük két vonal A-kemotípusú, kettő B-kemotípusú, három pedig C-kemotípusú lett. Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a C-kemotípusra jellemző illóolaj-összetételt jóval magasabb arányban öröklik az utódok, mint a D-kemotípust.

Az illóolaj-komponensek közül a kamazulén, α -bisabolol és bisabolol-oxid B mennyisége az utódok több mint felénél (56%, 50% és 44%) nőtt, a növekedés mértéke néhány esetben elérte a 25-30%-ot (4. táblázat). Az illóolaj bisabolol-oxid A tartalma viszont az utódok kétharmadánál csökkent, 3 utódvonalban teljesen el is tűnt.

Az apigenin flavonoid mennyisége az utódpopulációk 72%-ánál nőtt, 28%-ánál pedig csökkent, az esetek 45%-ában szignifikánsan. E tulajdonság tekintetében a K/5-ös, K/12-es, K/14-es és K/15-ös családok bizonyultak a legváltozékonyabbnak (16. ábra). A K/5-ös, K/14-es és K/15-ös anyagoknál az utódok többsége több apigenint tartalmazott, mint az anyaállomány.

Az utódok 91%-ában nőtt a rutin mennyisége az anyatörzsekhez képest, 32%-ban szignifikánsan (5. táblázat). S bár az anyaállományok felében nem tudtunk a vizsgálati évben rutint kimutatni, utódpopulációik egy kivétellel tartalmazták. Az utódvonalak 32%-a 0,1mg/g-nál több rutint halmozott fel. A hiperoxid mennyisége az utódok 100%-ánál nőtt, 100%-ban szignifikánsan, s 3 populációnál értéke meghaladta a 7mg/g-ot. A kvercitrin az utódok 63%-ánál, a klorogénsav pedig 96%-uknál növekedett. A változás az első esetben 57%-ban, míg a második esetben 83%-ban bizonyult szignifikánsnak. Egy anyatörzsben nem tudtunk kvercitrint kimutatni a vizsgálati évben, de utódpopulációiban kivétel nélkül megtalálható volt (0,196-0,600mg/g). Egy utódvonal kvercitrin-tartalma elérte a 2,4mg/g-ot, 23%-uk klorogénsav-tartalma pedig meghaladta a 0,4mg/g értéket. A flavonoid-komponensek és klorogénsav tekintetében is nagy szórást tapasztaltunk tehát az utódpopulációkban (5. táblázat).

Nemesítés szempontjából beltartalmi tulajdonságok közül az illóolaj-, kamazulén-, α -bisabolol- és apigenin-tartalmat ítéltük a legfontosabbnak. Az illóolaj- és α -bisabolol-tartalom az utódpopulációk 53%-ában ($r=0,23$), az illóolaj- és kamazulén-tartalom az utódok 56%-ában ($r=-0,1$), míg az illóolaj- és apigenin-tartalom a vizsgált vonalak 47%-ában ($r=0,12$) együttesen változott. Az α -bisabolol és kamazulén mennyisége, az α -bisabolol és apigenin mennyisége valamint az apigenin és kamazulén szintje az utódok 47%-ánál ($r=-0,18$), 50%-ánál ($r=0,2$) ill. 47%-ánál ($r=0,03$) változtak együttesen. Megállapítható tehát, hogy az illóolaj-tartalom valamint az α -bisabolol, kamazulén és apigenin mennyiségének változása között nincs szoros összefüggés.

III.2. Javított populációk kijelölése

A szelekciós folyamat első lépéseként az eredmények alapján 5 utódpopulációt emeltünk ki további nemesítés céljából. Közülük egy esetén mind a morfológiai (43cm-es növénymagasság, 15,3mm-es virágzatátmérő), mind a beltartalmi tulajdonságok (0,65g/100g illóolaj-tartalom, 43,3%-os α -bisabolol-tartalom, 23,7%-os kamazulén-tartalom, 3,7mg/g apigenin-tartalom) kiválóak voltak, háromnál pedig az átlagos morfológiai jellemzők párosultak kimagasló hatóanyag-tartalommal (0,51-0,63g/100g illóolaj-tartalom, 53-58%-os α -bisabolol-tartalom, 12-16%-os kamazulén-tartalom, 4,7-5,7mg/g apigenin-tartalom). Mivel a kutatás folyamán bebizonyosodott, hogy a morfológiai tulajdonságok erősen környezetfüggőek, valamint jelentős mértékben javíthatók szelekciós eljárással, e populációk is igen perspektivikusak. Az ötödik kiválasztott törzs értékét egyedülállóan magas kamazulén-tartalma adja (48%), melyre eddig sem a szakirodalomban, sem a gyakorlatban nem volt példa.

A kísérlet végén 83 db magtételt helyeztünk génbankba.

Irodalom

- Balak, Ram- Misra, PN- Sharma, NL- Naqvi, AA- Katiyar, RS- Ram, B. (1999): Effect of different levels of sodicity and fertility on the performance of German chamomile (*Chamomilla recutita*) under subtropical conditions II. Oil content and composition of essential oil. *Journal-of-Medicinal-and-Aromatic-Plant-Sciences*. 1999, 21: 4, p. 969-971.
- Franz, C., Fritz, D., Schröder, F.J. (1975): Einfluss ökologischer faktoren auf die Bildung des Äterischen öls und der Flavone verschiedene Kamillenherkünfte, *Planta medica* No. 27 (1) p.46-53.
- Franz, Ch., Hårdh, K., Hälvä S., Müller, E., Pelzmann, H., Ceylan, A. (1986): Influence of ecological factors on yield and essential oil of camomile (*Chamomilla recutita* L. Rauschert syn. *Matricaria chamomilla*), *Acta horticulturae* No. 188, p. 157-161.
- Galambosi, B.- Szebeni-Galambosi, Z.- Repcak, M.- Cernaj, P. (1991): Variation in the yield and essential oil of four chamomile varieties grown in Finland in 1985-1988. *Journal-of-Agricultural-Science-in-Finland*. 1991, No. 63: 5, p. 403-410.
- Gosztola, B., Szabó, K., Sztefanov, A., Zámboiriné N., É. (2005): Különböző eredetű vadon termő orvosi kamilla (*Matricaria recutita* L.) populációk összehasonlító vizsgálata, *Kertgazdaság*, 37.évf. 1. p.73-81.
- Lutomski, J.-Czabajaska, W. (1993): Zloty lan – polish variety of common chamomile, *Acta Horticulture* No. 344, p. 352-357.
- Máthé, I., Priszter, Sz. (1979): A kamilla, *Matricaria chamomilla* L., Magyarország kultúrflórája 45, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Pekic, B.- Zekovic, Z.- Petrovic, L.- Adamovic, D. (1999): Essential oil of chamomile ligulate and tubular flowers, *Journal of Essential Oil Research*, No. 11., p. 16-18.
- Ph.Hg.VIII. (2004): 8. Magyar Gyógyszerkönyv, *Medicina Könyvkiadó*, Budapest
- Repčak, M.- Oravec, V. (1993): Apigenin glucosides in tetraploid bisabolol variety of camomile. *Acta Horticulturae* No. 303., p. 213-218.
- Salamon, I.- Honcariv, R. (1994): Growing conditions and breeding of chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) regarding the essential oil qualitative-quantitative characteristics is Slovakia. *Herba Polonica*. No.1-2., p. 68-73.
- Schilcher, H. (1987): *Die Kamille*, Wiss. Verl., Stuttgart
- Sváb, J.né (2000): *Matricaria recutita* In.: Bernáth, J.(szerk.) *Gyógy- és aromanövények*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, p. 413-421.
- Sztefanov, A., Szabó, K. és Bernáth, J. (2003): Comparative analysis of Hungarian *Matricaria recutita* (L.) Rausch. populations, *Horticultural Science*, Vol. 9, Number 3-4, p.81-85.
- Sztefanov, A. (2005): Hazai kamilla (*Matricaria recutita* L.) populációk morfológiai és kémiai diverzitása. Doktori Értekezés, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest.

Táblázatok, ábrák

1. táblázat A vad származású populációk pontos megnevezése

1	K/1	Hortobágyi Nemzeti Park, 1.terület	5	K/15	Nagyiván, 5. terület
	K/2	Hortobágyi Nemzeti Park, 2.terület		K/16	Nagyiván, 6. terület
	K/3	Hortobágyi Nemzeti Park, 3.terület		K/17	Nagyiván, 7. terület
	K/4	Hortobágyi Nemzeti Park, 4.terület		K/18	Nagyiván, 8. terület
2	K/5	Polgár (Hajdú-Bihar megye)	6	K/19	Hortobágy falu, 1. terület
3	K/6	Beleg (Somogy megye)		K/20	Hortobágy falu, 2. terület
	K/7	Kisbajom (Somogy megye)		K/21	Hortobágy falu, 3. terület
	K/8	Szabás (Somogy megye)		K/22	Borsodivánka, 1. terület
4	K/9	Nádudvar, 1. terület	7	K/23	Borsodivánka, 2. terület
	K/10	Nádudvar, 2. terület		K/24	Borsodivánka, 3. terület
	K/11	Nagyiván, 1. terület		K/25	Tiszafüred, 1. terület
5	K/12	Nagyiván, 2. terület	8	K/26	Tiszafüred, 2. terület
	K/13	Nagyiván, 3. terület		K/27	Kunmadaras
	K/14	Nagyiván, 4. terület		K/28	Kócsújfalu
			10		

2. táblázat A vizsgált flavonoid komponensek felhalmozódása

Minta	Apigenin (mg/g)			Rutin (mg/g)			Klorogénsav (mg/g)			Hiperozid (mg/g)			Kvercitrin (mg/g)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
K/1	2,16	0,73	3,04	0,03	0,06	0,05	0,11	0,08	0,07	2,78	0,02	0,01	0,18	0,06	0,05
K/2	2,59	2,47	3,41	0,04	0,00	0,00	0,13	0,17	0,14	3,18	0,00	0,00	0,08	0,11	0,09
K/3	2,54	2,60	3,81	0,04	0,01	0,00	0,11	0,25	0,20	2,96	0,00	0,00	0,13	0,15	0,13
K/4	2,51	2,54	3,62	0,03	0,00	0,00	0,10	0,20	0,16	3,00	0,79	0,65	0,07	0,12	0,10
K/5	2,19	2,52	2,15	0,04	0,00	0,00	0,18	0,11	0,09	2,68	2,18	1,82	0,12	0,32	0,27
K/6	2,49	2,88	2,80	0,03	0,00	0,00	0,20	0,13	0,11	2,66	3,03	2,52	0,13	0,69	0,58
K/7	2,46	2,58	2,45	0,02	0,00	0,00	0,18	0,17	0,14	2,72	2,52	2,10	0,17	0,58	0,48
K/8	2,53	2,87	2,43	0,03	0,00	0,00	0,00	0,22	0,19	2,87	3,13	2,61	0,18	0,58	0,49
K/9	2,31	2,52	5,57	0,04	0,04	0,03	0,07	0,03	0,03	2,74	2,17	1,81	0,11	0,62	0,52
K/10	2,28	2,61	7,44	0,04	0,00	0,00	0,18	0,04	0,03	2,36	1,96	1,63	0,05	0,46	0,38
K/11	2,35	2,68	6,63	0,04	0,00	0,00	0,09	0,03	0,03	2,37	2,20	1,83	0,09	0,65	0,54
K/12	2,40	2,32	7,13	0,05	0,01	0,01	0,15	0,08	0,06	2,25	1,50	1,25	0,04	0,35	0,29
K/13	2,79	2,74	3,16	0,02	0,03	0,02	0,15	0,05	0,04	2,18	1,06	0,88	0,10	0,30	0,25
K/14	2,88	2,70	3,39	0,02	0,00	0,00	0,18	0,13	0,11	2,31	1,55	1,29	0,15	0,38	0,32
K/15	2,75	2,61	3,68	0,02	0,00	0,00	0,20	0,16	0,13	2,35	1,65	1,37	0,13	0,46	0,38
K/16	2,79	2,26	3,69	0,03	0,30	0,25	0,17	0,46	0,39	3,12	0,00	0,00	0,07	0,74	0,62
K/17	3,24	2,39	3,62	0,06	0,05	0,04	0,23	0,04	0,03	3,15	0,00	0,00	0,10	0,86	0,71
K/18	3,12	2,45	n.a.	0,08	0,02	n.a.	0,29	0,06	n.a.	3,05	0,00	n.a.	0,07	0,45	n.a.
K/19	2,98	2,40	4,00	0,50	0,03	0,02	0,18	0,06	0,05	2,84	2,43	0,00	0,11	0,47	0,38
K/20	1,98	2,37	4,38	0,04	0,07	0,03	0,16	0,17	0,05	3,25	1,21	2,02	0,11	0,35	0,39
K/21	2,52	1,84	4,29	0,02	0,07	0,06	0,28	0,11	0,31	3,51	2,42	1,01	0,16	0,47	0,29
K/22	2,67	2,39	3,86	0,05	0,05	0,06	0,02	0,03	0,01	3,19	2,81	2,01	0,03	0,21	0,39
K/23	2,73	2,50	n.a.	0,02	0,05	n.a.	0,09	0,05	n.a.	3,36	2,86	n.a.	0,02	0,41	n.a.
K/24	1,54	2,23	4,17	0,03	0,03	0,04	0,10	0,05	0,02	2,00	1,60	2,34	0,04	0,30	0,18
K/25	1,90	1,17	4,28	0,03	0,00	0,04	0,06	0,01	0,04	2,01	1,35	2,38	0,02	0,00	0,34
K/26	2,02	2,01	5,13	0,04	0,01	0,02	0,11	0,00	0,04	2,33	1,51	1,33	0,21	0,69	0,25
K/27	1,90	2,05	2,75	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,01	2,13	1,13	1,13	0,11	0,67	0,00
K/28	1,62	2,12	4,50	0,28	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	1,99	1,33	1,26	0,16	0,55	0,57
K/29	2,01	2,18	4,98	0,01	0,03	0,00	0,02	0,07	0,00	1,95	2,11	0,94	0,10	0,23	0,56
K/30	2,02	2,34	5,00	0,03	0,04	0,00	0,15	0,14	0,00	2,11	2,15	1,11	0,10	0,39	0,45
K/31	2,08	3,22	5,39	0,02	0,00	0,03	0,16	0,75	0,39	2,07	2,11	1,76	0,40	0,41	0,19
K/32	3,54	2,80	5,39	0,06	0,00	0,03	0,02	0,00	0,13	2,70	4,25	1,79	0,36	0,35	0,33

3. táblázat Az anya és utód populációk homogenitásának alakulása a vizsgált morfológiai tulajdonságok tekintetében

homogenitás	növénymagasság		virágzatátmérő		diszkoszátmérő		nyelves virágok	
	anya törzsek (db)	utód törzsek (db)	anya törzsek (db)	utód törzsek (db)	anya törzsek (db)	utód törzsek (db)	anya törzsek (db)	utód törzsek (db)
CV%=0-10%	1	8	3	34	2	34	0	3
CV%=10-20%	6	38	5	21	6	21	4	38
CV%=20%<	1	9	0	0	0	0	4	14

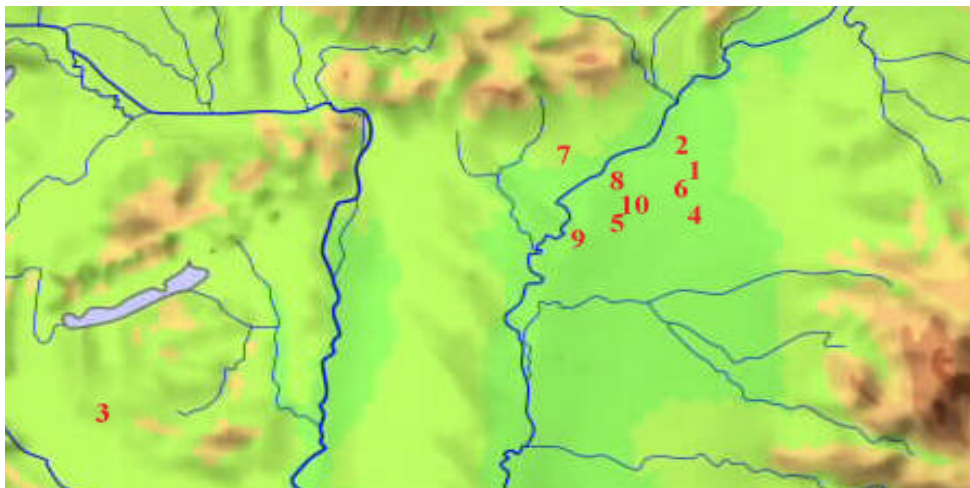
4. táblázat Az utódpopulációk illóolaj-komponenseinek változása anyatörzseikhez képest

	utódpopulációk változása			növekedés mértéke (%)		csökkenés mértéke (%)	
	nő (%)	u.a. (%)	csökken (%)	min.	max.	min.	max.
kamazulén	56	0	44	0,6	38,3	0,2	8
alfa-bisabolol	50	3	47	1,5	27,8	0,4	47,1
bisabolol-oxid A	36	0	64	0,7	17	0,1	11,5
bisabolol-oxid B	44	3	53	0,4	29,4	1,4	20
béta-farnézén	69	3	28	0,2	6,5	0,3	2

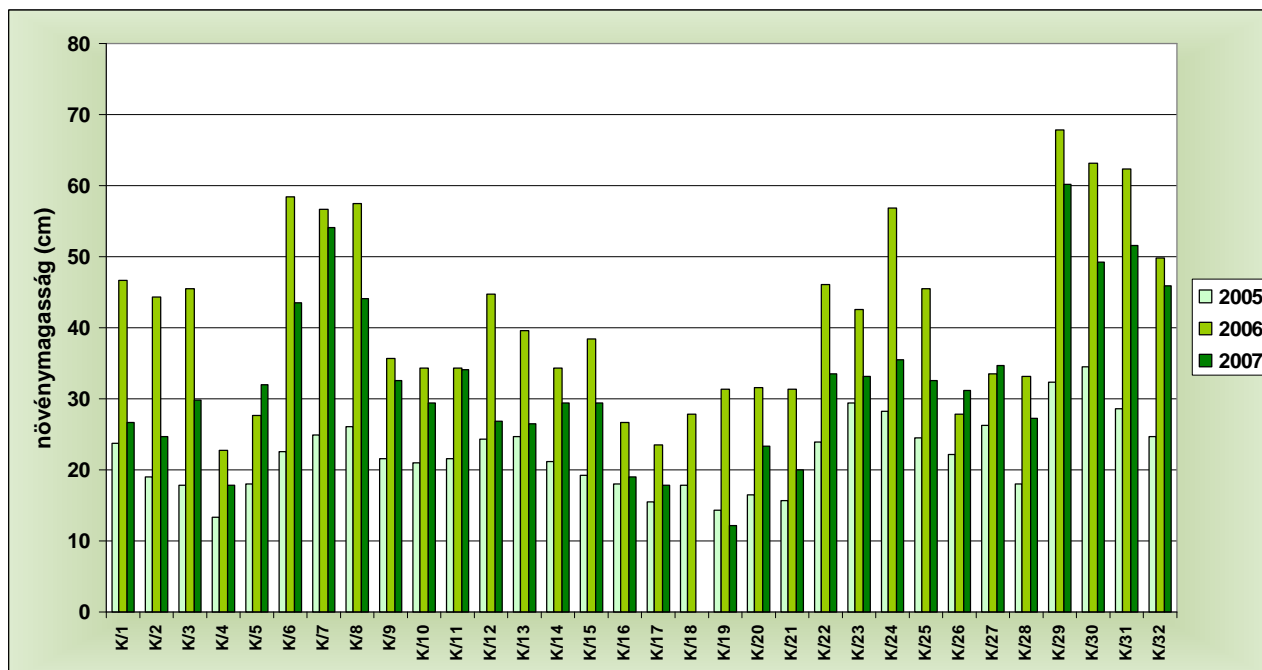
5. táblázat Az utódpopulációk flavonoid komponenseinek és klorogénsav tartalmának változása anyatörzseikhez képest

	utódpopulációk változása			növekedés mértéke (mg/g)		csökkenés mértéke (mg/g)	
	nő (%)	u.a. (%)	csökken (%)	min.	max.	min.	max.
apigenin	72	0	28	0,111	3,945	0,093	2,723
rutin	91	2	7	0,004	0,175	0,007	0,054
klorogénsav	96	0	4	0,004	0,658	0,028	0,093
hiperozid	100	0	0	0,956	7,001	0	0
kvercitrin	63	0	37	0,023	1,705	0,035	0,563

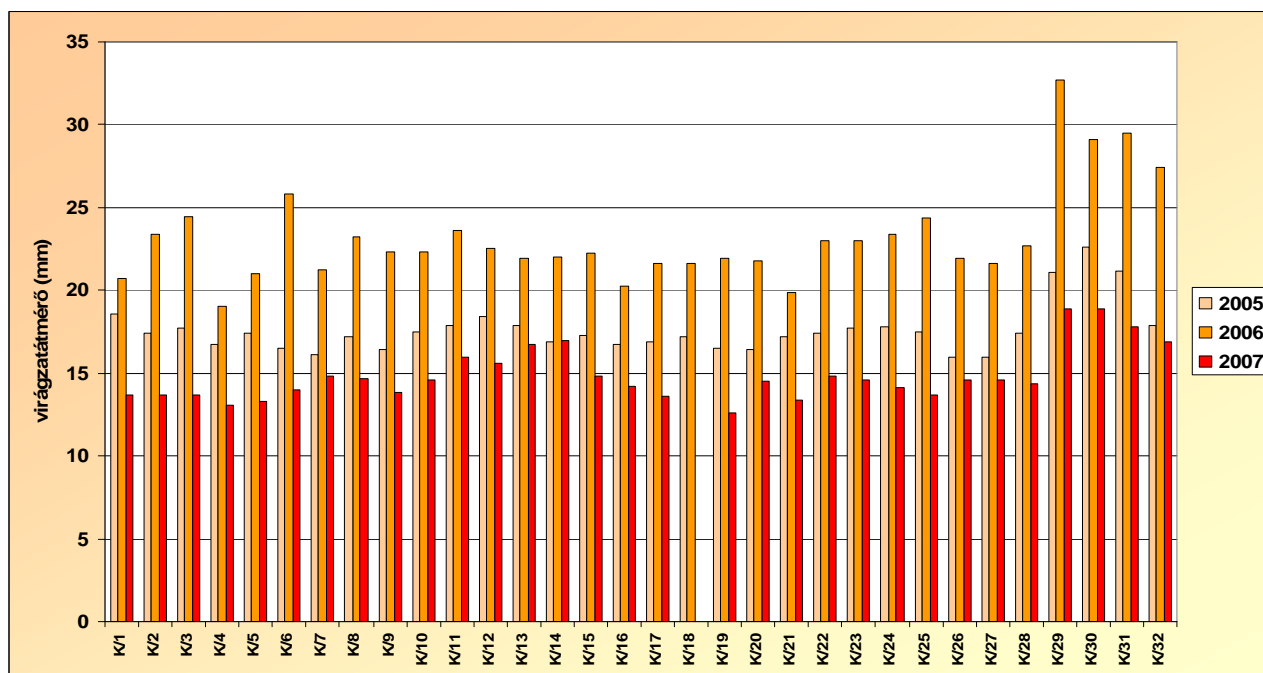
1. ábra A vad származású populációk főbb gyűjtési körzetei (ld. 1. táblázat első oszlopa)



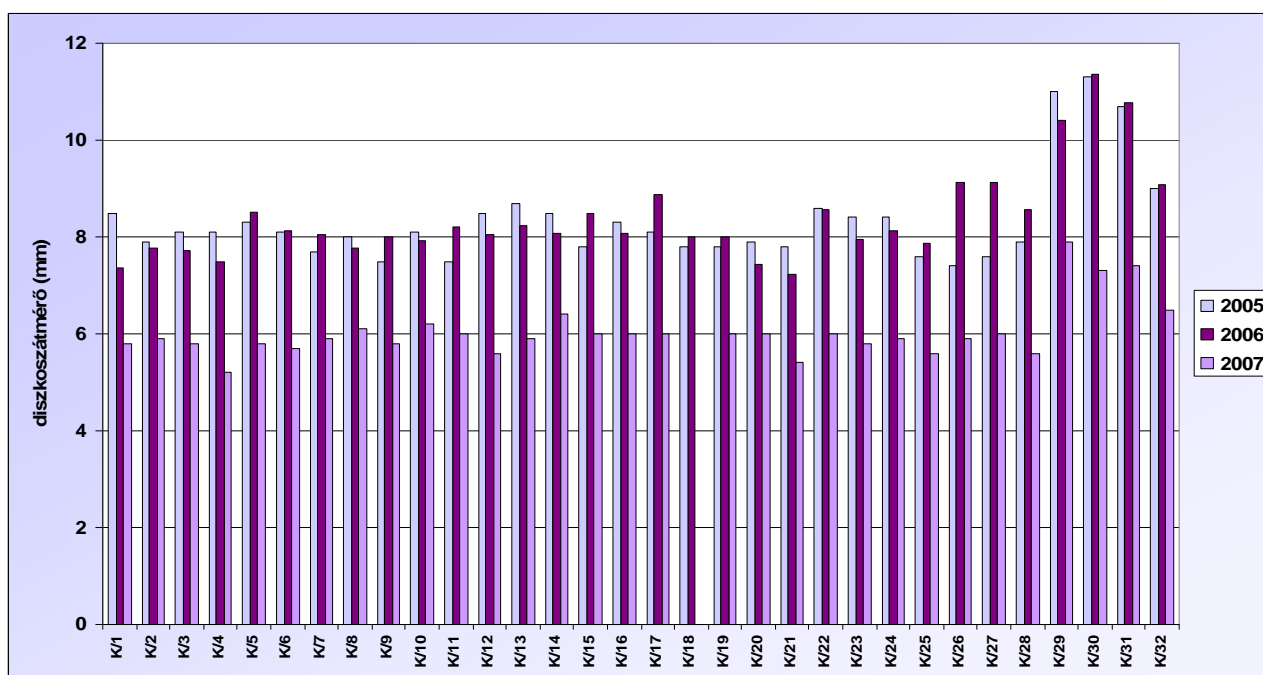
2. ábra A 2005-ben (SzD 5%=3,02), 2006-ban (SzD 5%=3,43) és 2007-ben (SzD 5%=3,83) Soroksáron kitermesztett állományok növénymagasságának összehasonlítása



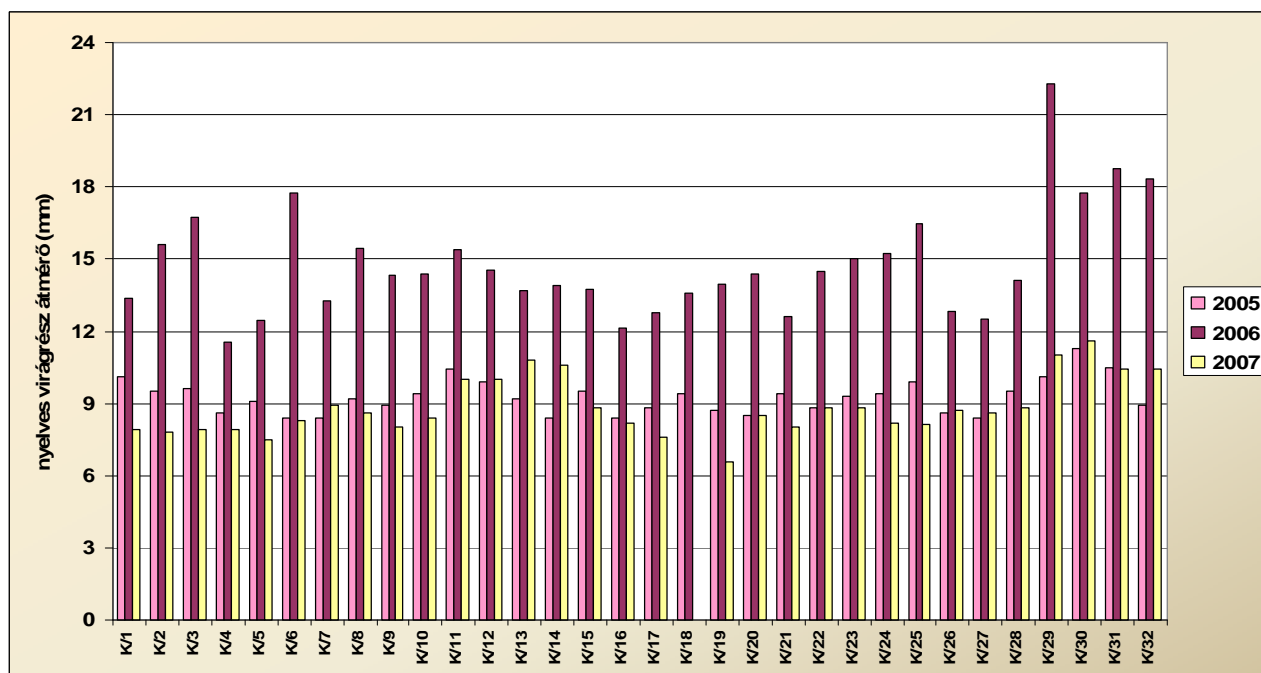
3. ábra A 2005-ben (SzD 5%=1,44%), 2006-ban (SzD 5%=1,23%) és 2007-ben (SzD 5%=1,3)
Soroksáron kitermesztett állományok virágzatátmérőjének összehasonlítása



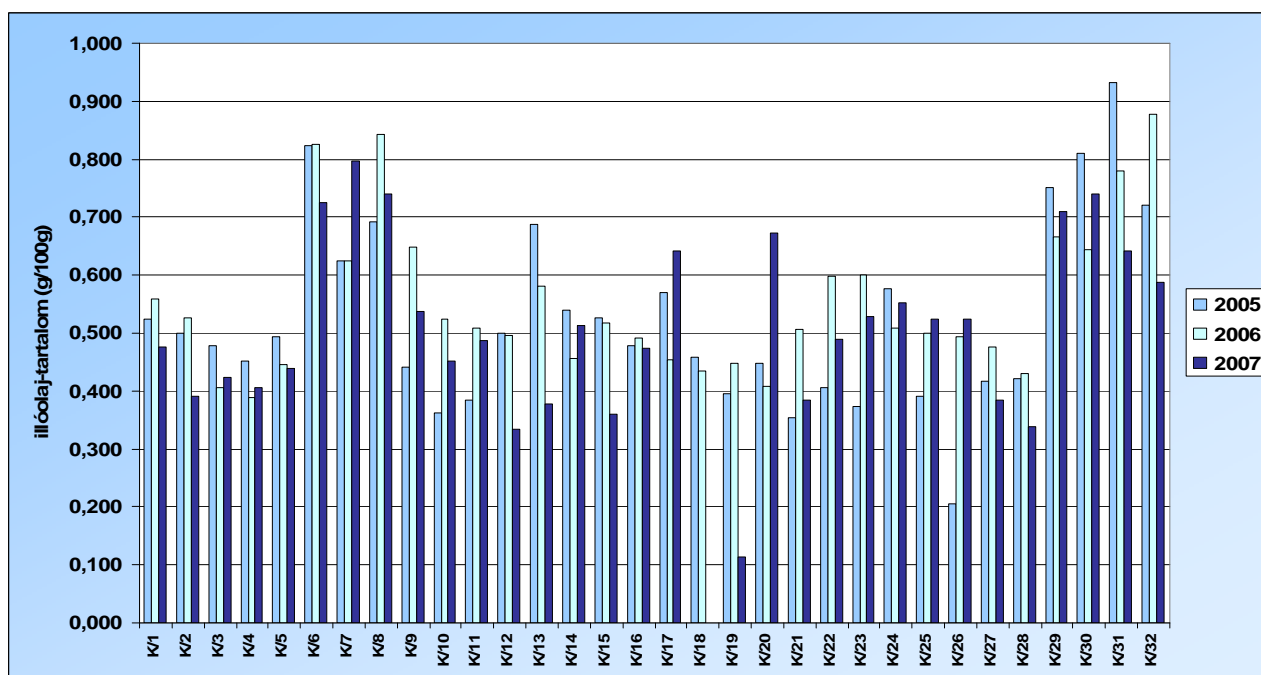
4. ábra A 2005-ben (SzD 5%= 0,79), 2006-ban (SzD 5%= 0,45) és 2007-ben (SzD 5%=0,52)
Soroksáron kitermesztett állományok diszkoszátmérőjének összehasonlítása



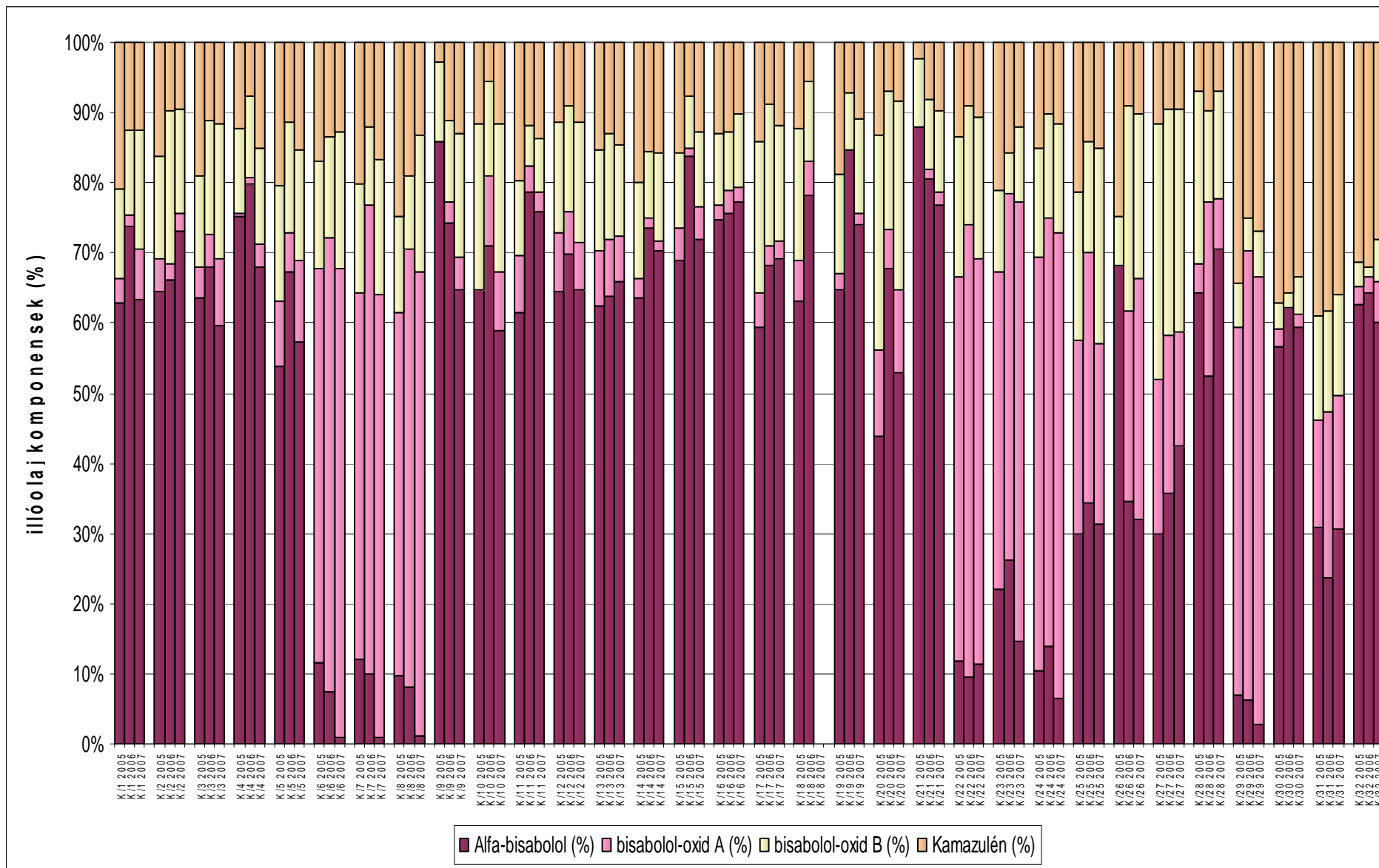
5. ábra A 2005-ben (SzD 5%=1,24), 2006-ban (SzD 5%=1,23) és 2007-ben (SzD 5%=1,39) vizsgált populációk nyelves virágrész méretének összehasonlítása



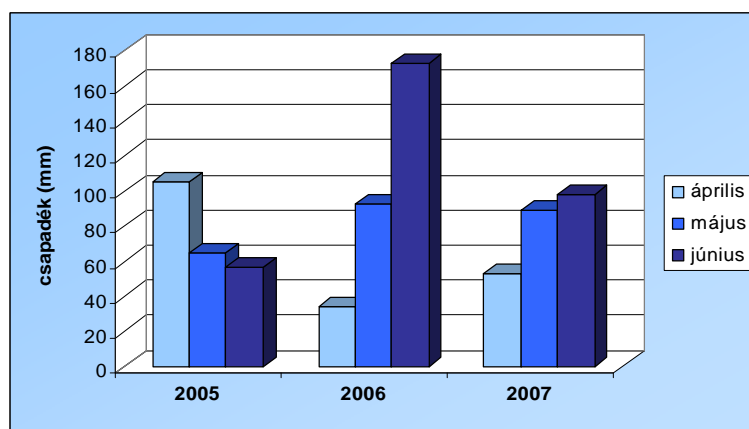
6. ábra A 2005-ben (SzD 5%= 0,11), 2006-ban (SzD 5%= 0,08) és 2007-ben vizsgált populációk illóolaj-tartalmának összehasonlítása



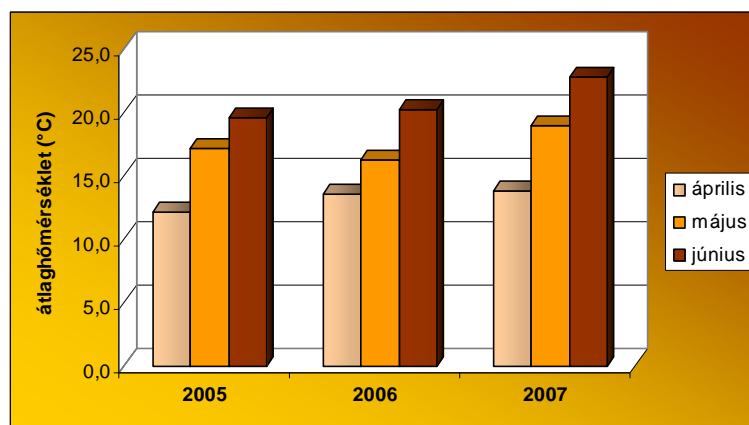
7. ábra A 2005-ben, 2006-ban és 2007-ben Soroksáron kitermesztett állományok illóolaj-összetételének összehasonlítása a 4 fő illóolaj-komponens alapján



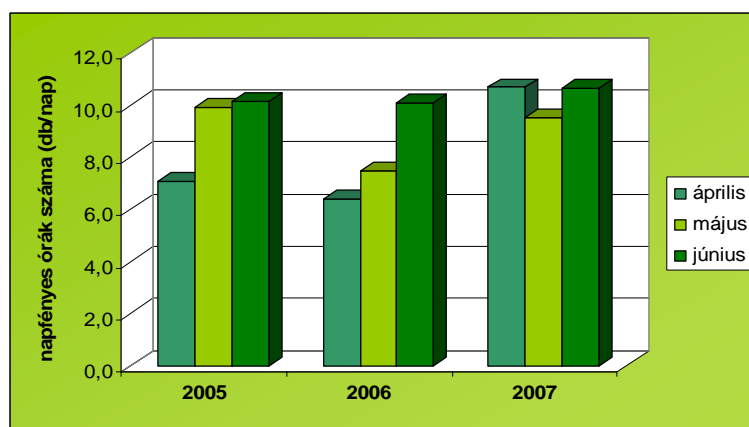
8. ábra A csapadék alakulása 2005, 2006 és 2007 tavaszán (Pestlőrinc)
(a 2007-es adatok az öntözéssel kijuttatott vízmennyiséget is tartalmazzák)



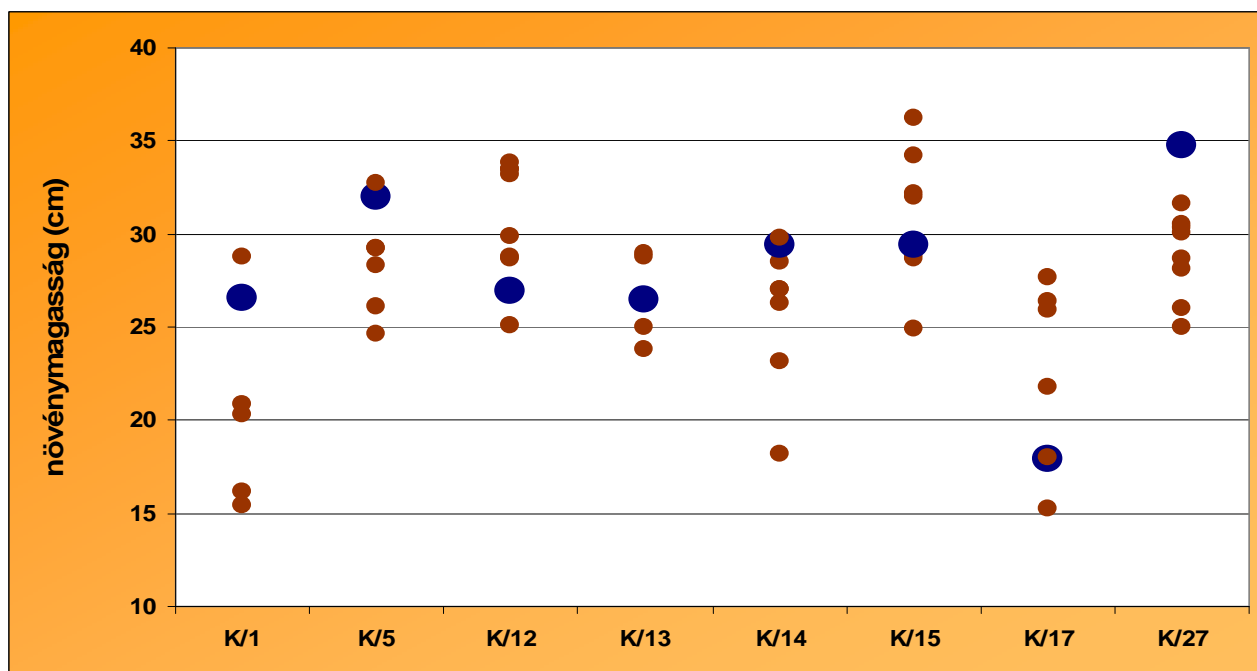
9. ábra A napi középhőmérséklet alakulása 2005, 2006 és 2007 tavaszán (Pestlőrinc)



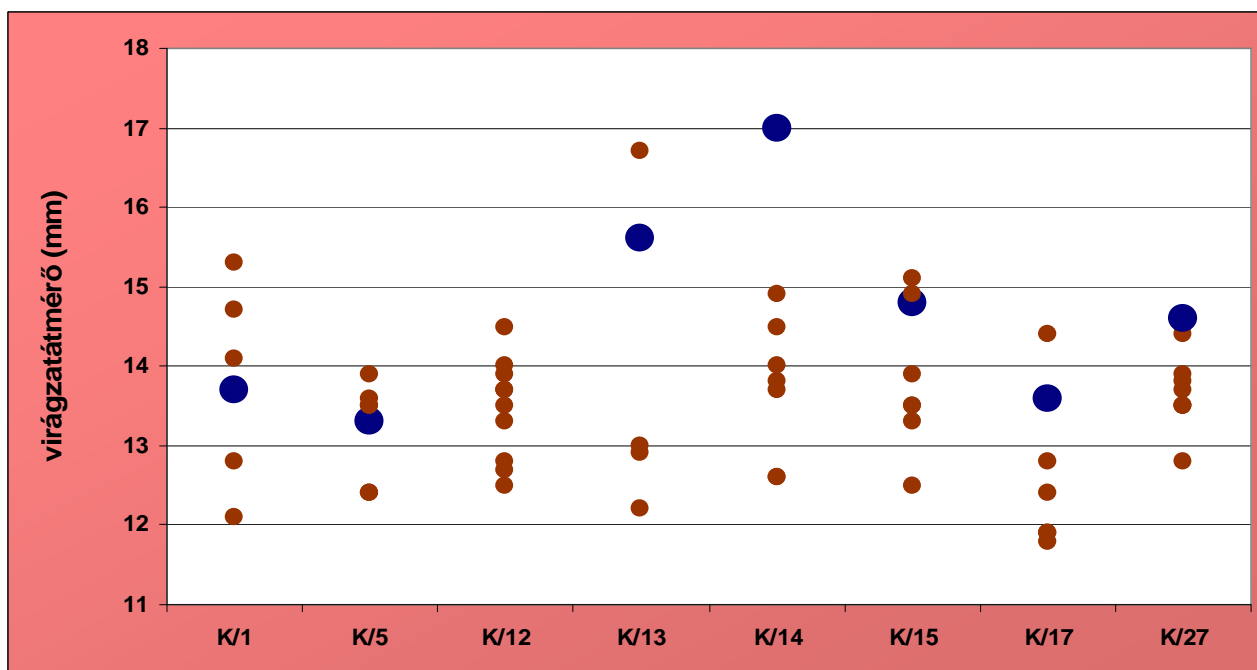
10. ábra A napfényes órák számának alakulása 2005, 2006 és 2007 tavaszán (Pestlőrinc)



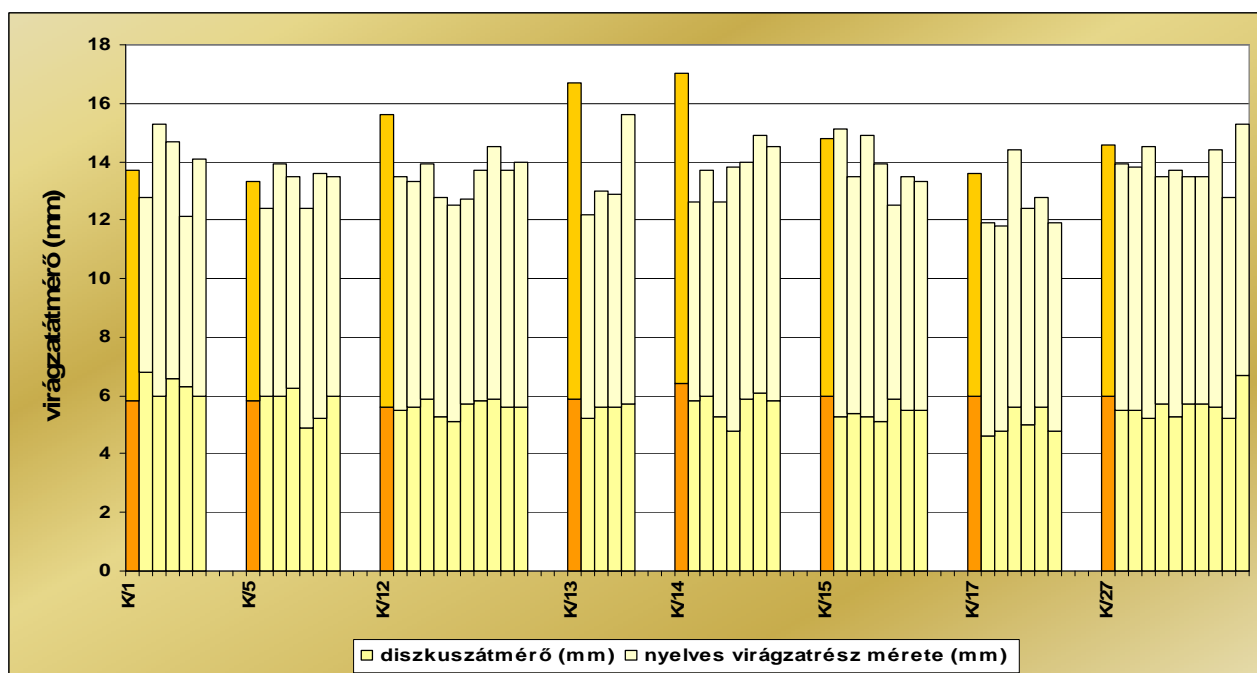
11. ábra A növénymagasság alakulása a különböző származású anyatörzsek (kék színű) és utódpopulációik (bordó színű) esetén 2007-ben Soroksáron



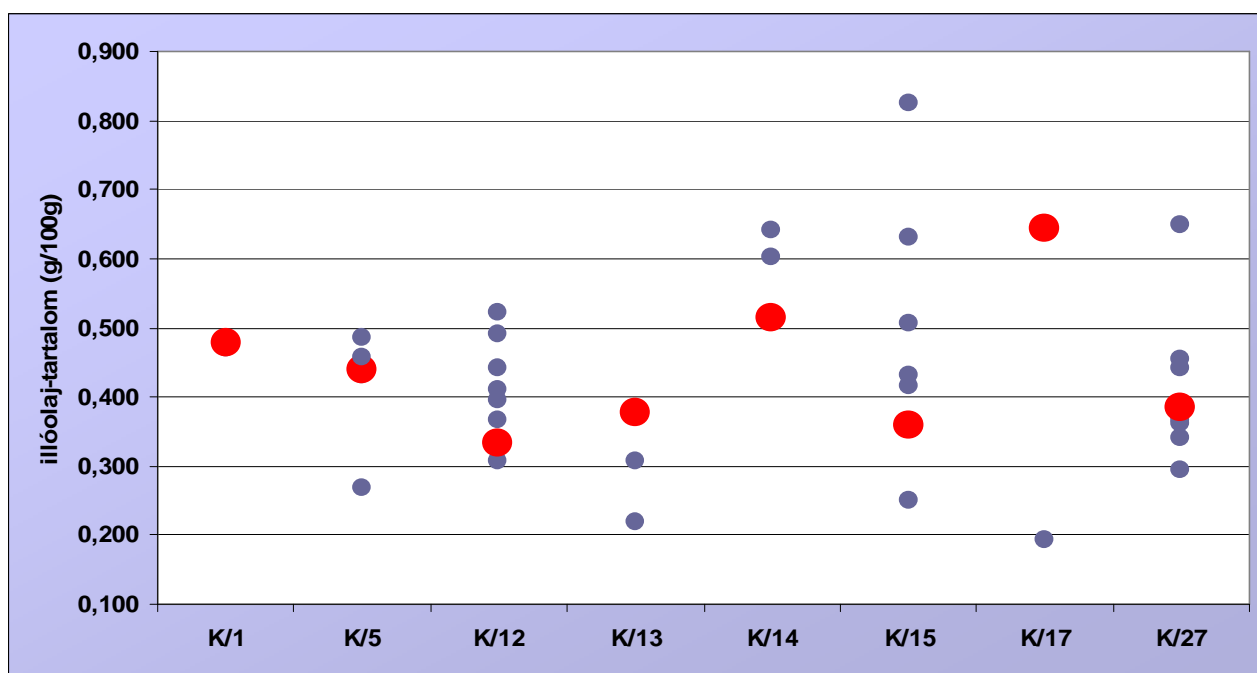
12. ábra A virágzatátmérő alakulása a különböző származású anyatörzsek (kék színű) és utódpopulációik (bordó színű) esetén 2007-ben Soroksáron



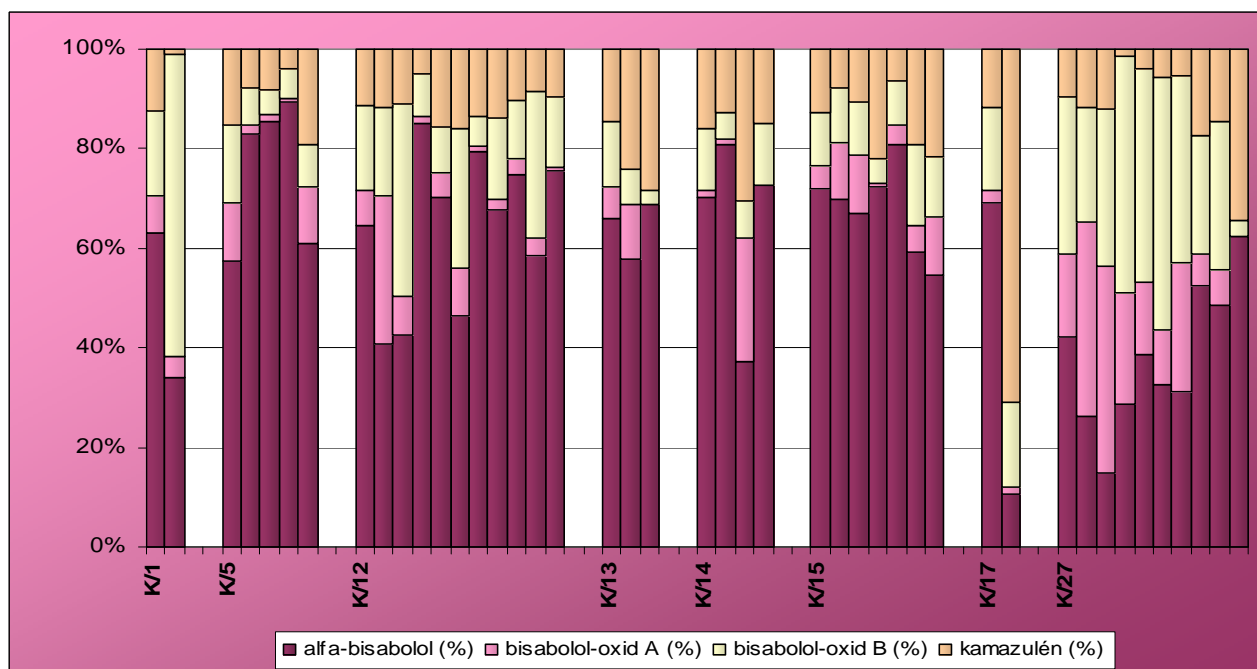
13. ábra A virágzat szerkezetének alakulása a különböző származású anyatörzsek (sötétebb színű) és utódpopulációik (világosabb színű) esetén 2007-ben Soroksáron



14. ábra Az illóolaj-tartalom alakulása a különböző származású anyatörzsek (piros színű) és utódpopulációik (kék színű) esetén 2007-ben Soroksáron



15. ábra A különböző származású anyatörzsek (jelölt első oszlopok) és utódpopulációik illóolaj-összetételének összehasonlítása a 4 fő illóolaj-komponens alapján



16. ábra Az apigenin-tartalom alakulása a különböző származású anyatörzsek (piros színű) és utódpopulációik (lila színű) esetén 2007-ben Soroksáron

